IV-16.225

Cristian-Dan Lesenciuc

PĂMÂNTUL - SISTEM COSMIC

Geografie fizică generală

editura Tehnopress

BIBL. CENTR. UNIV.
M. „EMINESCU" IAȘI
GEOLOGIE-GEOGRAFIE
IV-16225

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Cristian-Dan Lesenciuc

PĂMÂNTUL – SISTEM COSMIC

Geografie fizică generală

0 000008 41415 BCU IAȘI

editura Tehnopress
IAȘI – 2017

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Editura TEHNOPRESS
Str. Pinului nr. 1A
700109 Iaşi
Tel./fax: 0232 260092
E-mail: tehnopress@yahoo.com
http://www.tehnopress.ro
Editură acreditată CNCSIS, cod 89

Descrierea CIP a Bibliotecii Naţionale a României
LESENCIUC, CRISTIAN-DAN
Pământul – Sestem cosmic: geografie fizică generală / Cristian-Dan Lesenciuc. – Iaşi: Tehnopress, 2017
Conține bibliografie
ISBN 978-606-687-306-2

91

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Fotografiile de pe copertă: Credit Japan Meteorological Agency

"Din analiza definițiilor date geografiei constatăm că există o limitare netă a științei la nivelul planetei Pământ fără a lăsa posibilitatea extinderii la alte corpuri cosmice. În consecință directă, asistăm la o abordare de tip sistem închis a planetei Pământ fără a ține seama de principiul geografic al interacțiunii care plasează Pământul într-o succesiune de sisteme deschise, organizate la un nivel superior ierarhic (Sistemul Pământ-Lună, Sistemul Solar, Sistem Galactic etc.). Evoluția științei geografice a necesitat de multă vreme depășirea barierei planetare impuse de o serie de definiții ale geografiei. Literatura științifică oferă o serie întreagă de studii geomorfologice, unele dintre ele aparținând chiar și geografilor români, care abordează relieful planetei Marte...în consecință, în logica definițiilor date geografiei acestea ar trebui să se numească studii de *„martomorfologie"* iar studiile care vizează abordări sistemice ale planetei Marte să intre în categoria studiilor de *„martografie"*. Fără a supraestima valoarea exemplelor date considerăm că ar fi oportună asumarea de către *Geografie* a tuturor cercetărilor efectuate, după o metodologie specifică acestei științe, la nivelul altor corpuri cosmice". (LESENCIUC Cristian-Dan - *Caracteristici "geografice" ale Lunii,* Revista Terra nr.1-2/2015)

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Cuprins

Importanța pentru geografie a cunoștințelor despre sietemele cosmice 5
1.Universul..... 7
1.1.Cercetarea Universului..... 7
1.2.Evoluția cunoașterii Universului..... 12
1.3.Structura Universului..... 14
1.4.Formarea Universului..... 15
2.Galaxiile – formare, evoluţie şi caracteristici..... 19
2.1.Clasificarea galaxiilor..... 22
2.2.Galaxia Calea Lactee..... 27
2.3.Stelele..... 30
3.Sistemul Solar – geneza..... 35
3.1.Soarele 43
3.2.Sfârșitul Sistemului Solar..... 53
4.Planetele majore ale Sistemului Solar cu excepția Terrei..... 55
4.1.Mercur..... 55
4.2.Venus..... 59
4.3.Marte..... 65
4.4.Jupiter..... 76
4.5.Saturn..... 85
4.6.Uranus..... 90
4.7.Neptun..... 94
5.Planetele pitice din Sistemul Solar..... 97
5.1.Pluto..... 98
5.2.Eris.....100
5.3.Makemake.....101
5.4.Haumea.....101
5.5.Ceres.....102
6.Asteroizii și meteoriții.....102
7.Cometele.....113
8.Centura Kuiper și Norul Oort.....115
9.Terra (Pământul)..... 118

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

9.1.Forma Pământului..... 120
9.2.Mişcarea de rotaţie..... 121
9.2.1.Efectele mişcării de rotaţie a Pământului asupra desfăşurării proceselor şi fenomenelor geografice..... 121
9.2.2.Coordonatele geografice..... 122
9.2.3.Latitudinea şi longitudinea..... 123
9.2.4.Longitudinea şi timpul..... 127
9.2.5.Sistemul de poziţionare globală sau *"The Global Positioning System"* (GPS)..... 130
9.3.Mişcarea de revoluţie a Pământului..... 132
9.3.1.Calendarul Iulian şi Calendarul Gregorian. 139
9.4.Structura internă a Pământului..... 141
9.4.1.Crusta (scoarţa)..... 144
9.4.2.Mantaua Pământului..... 148
9.4.3.Nucleul Pământului..... 151
9.5.Sistemul Pământ-Lună..... 156
9.5.1.Factorii morfogenetici şi specificul reliefului lunar..... 162
9.5.2.Cercetarea directă a suprafeţei Lunii 166
9.5.3.A doua Lună a Pământului ??..... 169
Bibliografie..... 170

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Importanța pentru geografie a cunoștințelor despre sietemele cosmice

Terra constituie un sistem deschis, aflat în interacțiune cu o serie de alte sisteme ce aparțin Universului. Conform principiului integrării geografice, planeta noastră este parte integrantă din Sistemul Solar, ce intră în componența Sistemului Galactic Calea Lactee, care aparține la rândul său Grupului Local de galaxii, grup integrat unui roi de galaxii inclus unei structuri de tip filament, parte din Univers. Pentru cei mai mulți oameni de știință care studiază cosmosul, Universul constituie *Sistemul Major* pentru care încă nu se cunosc limitele (considerat a fi infinit). Cu toate acestea, au fost lansate ipoteze (deocamdată fără prea multe argumente științifice) care consideră că Universul nu constituie o singularitate și că există posibilitatea existenței mai multor universuri, ce aparțin unui sistem de organizare superior.

Cercetarea geografică a Pământului a deschis noi perspective de abordare și înțelegere a unor procese și fenomene care se află în strânsă corelație cu o serie de manifestări ale Sistemului Solar. Transformările succesive ale geosistemului nu pot fi concepute fără influența energiei solare care, printre altele, a favorizat apariția pe Terra a celei mai evoluate forme de viață cunoscută până în prezent. Privind spațiul cosmic de pe suprafața Pământului, Soarele este corpul cosmic cu cea mai mare strălucire pe bolta cerească. Interacțiunea sistemică dintre Soare și Pământ este deosebit de importantă, fapt pentru care, în ultima perioadă, cercetările au vizat cunoașterea aprofundată a mecanismelor care guvernează o serie de manifestări solare cu impact major asupra vieții și activităților economice de pe Terra.

Pe locul doi după Soare, în ierarhia corpurilor cosmice cu care interacționează direct planeta noastră, se află satelitul natural al Pământului numit Luna. Sistemul Pământ – Lună este foarte important pentru evoluția paleogeografică a planetei noastre. Influența reciprocă dintre cele două corpuri cosmice s-a materializat printr-o evoluție relativ constantă a condițiilor de viață de pe Terra. În ultima perioadă de timp, Luna a început să fie cercetată cu un interes sporit, datorită progresului tehnologic din domeniul spațial care permite observații detaliate asupra reliefului, constituției litologice, magnetismului, seismicității, variațiilor termice etc. Nu lipsit de importanță este și faptul că

BCU IAȘI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Luna a fost vizitată și cercetată direct de o serie de echipaje umane care au prelevat probe și au efectuat observații științifice cu caracter de pionierat în cercetarea spațială.

Cercetarea planetelor majore și minore din Sistemul Solar a devenit un deziderat al oamenilor de știință. Interesul inițial a vizat posibilitatea descoperirii de forme de viață extraterestră. Ulterior, studiile au început să urmărească o serie de elemente care puteau contribuii la înțelegerea mecanismelor de formare și evoluție a planetelor din Sistemul Solar, inclusiv a Terrei. În acest context, prin comparație cu urmele lăsate de asteroizi la impactul cu suprafețele altor planete sau sateliți naturali, a început să fie confirmată teoria conform căreia asteroizii și cometele au indus geosistemului o serie de transformări profunde.

Tehnologia aerospațială se află într-o permanentă transformare, astfel încât ritmul descoperirilor noi este extrem de susținut iar cunoștințele despre cosmos se îmbogățesc continuu. În acest context, știința geografică trebuie să facă pasul dincolo de obiectul de studiu tradițional (planeta Pământ) și utilizând metodologia proprie de cercetare, să abordeze noi sisteme cosmice. Geografia poate să devină o știință care abordează diferite componente ale planetelor majore, minore, sateliți etc. și relațiile dintre acestea, astfel încât să contureze funcționalitatea sistemică a oricărui corp cosmic.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

1.Universul

Universul reprezintă un spaţiu ale cărui limite nu sunt conoscute şi din această cauză este propus ca fiind nemărginit, cu materie aflată în diferite forme şi stadii de organizare şi evoluţie. Noţiunea de spaţiu "infinit" este una relativă fiind utilizată, în decursul timpului, pentru a definii spaţialitatea mai multor sisteme pentru care nu erau întrezărite limitele (suprafaţa oceanului planetar, suprafaţa Terrei, dimensiunile Sistemului Solar, dimensiunile galaxiei Calea Lactee, etc).

Aplicând legile fizicii la scara Universului, ajungem la concluzia că, la fel ca în orice sistem, şi sistemul reprezentat de Univers are limitele sale care, deocamdată, nu sunt perceptibile. Mai mult de atât au fost lansate ipoteze conform cărora ar exista mai multe universuri paralele care aparţin unui sistem superior de organizare. Fiind vorba doar de ipoteze, nu ne rămâne decât să aşteptăm ca cercetările viitoare să le confirme sau să le infirme.

În ce priveşte cunoaşterea limitelor Universului, avem o certitudine legată de dezvoltarea continuă a instrumentelor care ne permit să studiem zone aflate la distanţe din ce în ce mai mari, împingând astfel limitele universului conoscut.

1.1.Cercetarea Universului

Informaţiile actuale despre Univers se rezumă la o pondere infimă din totalul posibil iar multe dintre acestea sunt doar simple ipoteze. Cele mai multe date provin din observaţiile asupra luminii şi ale celorlalte unde electromagnetice ce vin din spaţiu. Principalul instrument utilizat pentru cercetarea Universului a fost şi rămâne telescopul, dotat în prezent cu amplificatori de imagini şi cu spectografe care analizează lumina în componentele sale făcând astfel posibilă determinarea compoziţiei atomice, a temperaturii şi presiunii de la suprafaţa corpului cosmic observat. Restul undelor electromagnetice analizate şi utilizate pentru obţinerea informaţiilor despre Univers sunt: undele infraroşii, undele radio, undele radar, undele ultraviolete şi undele de radiaţie x şi γ (gamma) [34], [48].

BCU "CAROL I" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Undele infraroșii au lungimi de undă mai mari decât lumina vizibilă și pot străbate sectoare de Univers caracterizate de o concentrație mare de praf și gaz ce aparțin norilor protostelari, acestea fiind absorbite sau disipate mai puțin dacât lumina vizibilă. În aceste condiții undele infraroșii pot furniza informații despre corpuri cosmice care sunt inaccesibile telescoapelor optice clasice. Cele mai eficiente detectoare de unde infraroșii ce aparțin Universului sunt amplasate pe telescoape sau sonde spațiale, evitându-se astfel absorbția acestora în atmosfera terestră [61].

Undele radio pot fi emise de diferite corpuri cosmice din Univers. Cele mai multe astfel de unde recepționate de radiotelescoape provin din galaxia Calea Lactee. În diferite locații de pe suprafața terestră au fost amplasate radiotelescoape solitare sau grupuri de radiotelescoape care au rolul de a recepționa și prelucra undele radio cu frecvanță cuprinsă între câțiva Khz și 3 Ghz. În anul 2017, cel mai mare radiotelescop de pe Terra avea un diametru de 500 metri, fiind amplasat în China. Pentru cercetarea Universului, oamenii de știință pot utiliza simultan o rețea de antene separate, sporind astfel puterea de receptare a undelor radio. Un astfel de grup constituit din 27 de antene parabolice aranjate sub forma literei "Y" a fost amplasat în New Mexico.

Corpurile cosmice care posedă un camp magnetic produc unde radio. Cu ajutorul undelor radio au fost descoperiți pulsarii, quasarii și norii gigantici de plasmă care sunt printre cele mai mari corpuri din Univers [34], [48].

Undele radar și efectul Doppler sunt utilizate pentru determinarea vitezei de mișcare a corpurilor cosmice în raport cu stația care generează undele. Undele sunt emise de aparatul radar la un interval de timp predeterminat astfel încât atunci când întâlnesc un corp aflat in mișcare acestea sunt reflectate spre receptorul radar la un interval de timp din ce în ce mai mic, dacă acel corp se apropie de radar sau din ce în ce mai mare, dacă acel corp se îndepărtează de radar.

În cazul Universului, astronomii au studiat lumina emisă de corpurile cosmice considerând că dacă acestea se apropie de radar sunt caracterizate de o frecvență aparentă mai mare decât cea reală care se manifestă printr-o lungime de undă mai mică, deci printr-o deplasare a culorii luminii spre albastru. Opusul acestei situații, când un corp cosmic se îndepărtează de radar ar produce o frecvență aparentă mai mică decât cea reală, deci o lungime de undă mai mare și, prin urmare, o deplasare a culorii luminii spre roșu.

BCU "CAROL I" UNIVERSITY LIBRARY

Astronomii au constatat că Terra se îndepărtează de majoritatea corpurilor cosmice din universul cunoscut. Cu cât un corp este mai îndepărtat cu atât deplasarea culorii luminii spre roșu este mai mare. Pe baza analizei reflexiei luminii s-a ajuns la constatarea că toate corpurile cosmice se îndepărteză unele de altele producând astfel o expansiune a Universului. Această expansiune poate să confirme existența în trecut a unei mari explozii (teoria Big bangului) [34], [48].

Undele ultraviolete aparțin radiațiilor electromagnetice și au o lungime de undă mai mică decât radiațiile luminii vizibile. Stelele tinere emit mari cantități de radiații ultraviolete, prin urmare, analiza acestor radiații furnizează informații despre corpurile cosmice emitente. Soarele emite la rândul său o mare cantitate de unde ultraviolete care constituie un risc pentru organismele vii de pe Terra. Atmosfera terestră, prin intermediul stratului de ozon, absoarbe aproape întreaga cantitate de unde ultraviolete provenite de la Soare sau de la alte corpuri cosmice.

Deoarece o buna parte din energia radiațiiilor ultraviolete este absorbită de atmosfera terestră, detectorii de radiații au fost amplasați în bună măsură pe sateliții artificiali ai Pământului, poziționați pe orbită la partea superioară a atmosferei, pe Stația Spațială Internațională și la bordul sondelor spațiale trimise cu misiune în Sistemul Solar.

Radiațiile x și γ (gamma) din Univers au lungimi de undă din ce în ce mai mici și sunt emise de Soare, pulsari, stele neutronice, quasari etc. In cazul acestor unde, imensa cantitate de observaţii se face prin detectori trimişi in spaţiu. Mari cantități de astfel de radiații sunt emise atunci când stelele mari intră în colaps. Organismele vii sunt puternic afectate de aceste radiații fiind posibile extincții în masă cum a fost cea de acum 440 mil ani, din perioada Ordovicianului, când au dispărut aproape 75% dintre viețuitoarele terestre (ipoteză legată de cauza acestei extincții).

Informațiile despre Univers își au originea și în legile fizicii stabilite pe Pământ și presupus a fi valabile în întregul Univers. Aceste legi cuprind mecanica lui Newton, pentru Sistemul Solar, relativitatea generalizată a lui Einstein, pentru corpurile masive şi pentru evoluţia Universului, electromagnetismul lui Maxwell, pentru propagarea undelor electromagnetice, precum şi mecanica cuantică, pentru relația dintre materie și energie, etc.

B.C.U. „Ș. EMINESCU" IAȘI GEOLOGIE-GEOGRAFIE

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Isaac Newton (1642-1727), (Fig.111)

Figura nr. 111 Isaac Newton

Principiul I al mecanicii – orice corp îşi menţine starea de repaus sau de mişcare rectilinie uniformă atât timp cât asupra sa nu acţionează alte forţe sau suma forţelor care acţionează asupra sa este nulă.

Principiul al II -lea al mecanicii - Newton introduce noţiunea de cantitate de mişcare, ceea ce astăzi se numeşte impuls. Aceasta este o mărime vectorială egală cu produsul dintre masă şi viteză. Principiul al doilea al mecanicii introduce noţiunea de forţă ca fiind derivata impulsului în raport cu timpul. În mecanica newtoniană se consideră că masa este constantă (independentă de viteză) cât timp se păstrează integritatea corpului.

Principiul al III -lea al mecanicii - când un corp acţionează asupra altui corp cu o forţă (numită forţă de acţiune), cel de-al doilea corp acţionează şi el asupra primului cu o forţă (numită forţă de reacţiune) de aceeaşi mărime şi de aceeaşi direcţie, dar de sens contrar. Acest principiu este cunoscut şi sub numele de Principiul acţiunii şi reacţiunii.

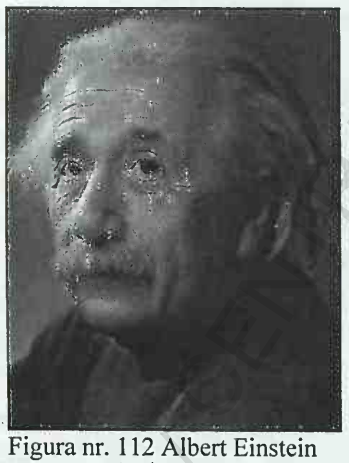
Figura nr. 112 Albert Einstein

Principiul suprapunerii forţelor - dacă mai multe forţe acţionează în acelaşi timp asupra unui corp, fiecare forţă produce propria sa acceleraţie în mod independent de prezenţa celorlalte forţe, acceleraţia rezultată fiind suma vectorială a acceleraţiilor individuale.

Albert Einstein (1879 – 1955), (Fig.112)

Einstein a enunţat teoria relativităţii care unifică teoriile materiei şi ale luminii. Materia, ca şi lumina, se supun principiului relativităţii, iar

simultaneitatea a două evenimente devine dependentă de observator. Timpul nu mai este un concept invariant, ci este relativ. Teoria sa se baza pe următoarele postulate: viteza absolută a unui obiect nu poate fi măsurată, putem măsura doar viteza sa relativă faţă de un alt obiect; valoarea vitezei luminii în vid este întotdeauna aceeaşi, indiferent de viteza cu care se deplasează observatorul şi indiferent de sursa de lumină; viteza maximă care poate fi atinsă în Univers este viteza luminii.

James Maxwell (1831-1879), (Fig.113)

Maxwell a demonstrat că oscilaţiile electromagnetice din unda electromagnetică sunt transversale şi a calculat formula pentru găsirea vitezei propagării undelor electromagnetice. Prin compararea vitezei undelor cu viteza luminii a ajuns la concluzia că "lumina şi electromagnetismul sunt manifestări ale caracteristicii uneia şi aceleaşi substanţe, iar lumina este o radiaţie electromagnetică ce se propagă în câmp, în conformitate cu legile electromagnetismului".

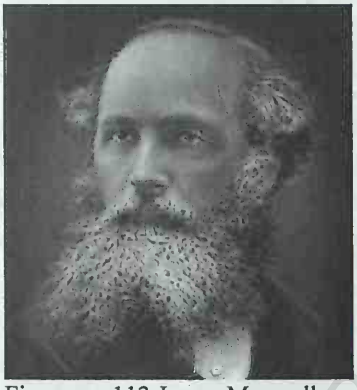
Figura nr. 113 James Maxwell

Noţiunile *mecanicii cuantice* au apărut la începutul secolului al XX –lea şi se refereau la comportamentul sistemelor fizice care descriu structura materiei la nivel atomic sau subatomic, cu niveluri ale energiei foarte joase sau foarte înalte.

Teoria cuantică se plasează în avangarda teoriilor fizicii contemporane având capacitatea de a explica fenomene empirice cunoscute, a prezice descoperiri noi și a explica alte teorii. Predicțiile empirice ale teoriei cuantice au fost confirmate de mai multe ori decât în cazul oricărei alte teorii științifice. Cel mai important țel al fizicii teoretice contemporane este o teorie unitară care să combine relativitatea generalizată cu mecanica cuantică relativistă.

Totalitatea cunoştiinţelor despre Univers este sistematizată sub formă de teorii sau, mai exact, de «modele teoretice» care încearcă să explice tot ce este cunoscut şi să facă previziuni asupra posibilităţilor viitoare de cunoaştere a Universului.

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Unitățile de măsură utilizate pentru cercetarea Universului sunt special concepute pentru a face față dimensiunii impresionante ale acestuia. În cadrul Universului, distanţele se masoară în ani lumină (a-l), timpul în miliarde de ani (10^9) și masele în mase solare (MS). Un an lumină reprezintă distanţa parcursă de lumină într-un an, o distanță practic egală cu 9 000 000 000 000 km sau, pe scurt, 1 a-l = 9 x 10^{12}km. Masa Soarelui, (MS = circa 2 x 10^{30}kg).

La măsurarea distanţelor din Univers mai sunt folosite: unitatea astronomică (U.A.) care este egală cu distanța medie dintre Terra și Soare (15 x 10^7km); parsec-ul (pc) care reprezintă 31x 10^{12}km sau 3,26 ani lumină; kiloparsec-ul (kpc) care reprezintă 1pc x 10^3 sau 1000pc, magaparsec-ul (Mpc) care reprezintă 1pc x 10^6 sau 1 milion pc, gigaparsec-ul (Gpc) care reprezintă 1pc x 10^9 sau 1 miliard pc [34], [28].

1.2.Evoluția cunoașterii Universului

În antichitate ambarcațiunile maritime permiteau navigatorilor să se îndepărteze de țărm și să efectueze traversări ale unor mări aflate între două teritorii bine populate. Cel mai cunoscut bazin marin, în acest sens, era Bazinul Mării Mediterane, unde s-a dezvoltat civilizația greacă care a populat întregul arhipelag de insule din vecinătatea peninsulei Peloponez, navigând cu succes pe întreaga suprafață a Mării Mediterane și a Mării Negre. Navigația în largul mărilor, acolo unde zonele costiere nu mai erau vizibile, se făcea având drept repere o serie de corpuri cosmice observabile. Navigatorii și savanții antichității ştiau să se orienteze noaptea privind Luna și stelele iar ziua în funcție de Soare, reușind chiar să prezică eclipsele. Cu toate acestea, astronomia adoptând teoria geocentristă, a rămas multe secole în urmă.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Până la Copernic, în secolul XVI, se credea că Soarele, planetele şi stelele se rotesc în jurul Pământului. Este de remarcat faptul că Nicolaus Copernic (1473 – 1543), studiind lucrările găsite într-o serie de vechi biblioteci din actuala Italie, a luat contact cu scrierile unor filosofi greci care erau adepții ipotezei heliocentrice, vehiculată cu 1500 de ani înainte dar care au fost neglijate datorită impunerii teoriei geocentriste susținută de conducerea bisericii catolice (Fig.114).

Figura nr. 114 Nicolaus Copernic

Galileo Galilei (1564-1642), grație observațiilor pe care le-a facut cu ajutorul telescopului inventat de el, a putut confirma teoria lui Copernic care susținea că Pământul, ca şi planetele, se rotesc în jurul Soarelui. După cum se ştie, această teorie n-a fost bine acceptată de autoritățile religioase din acea epocă (Fig.115).

Johannes Kepler (1571-1630) a fost primul savant care a putut descrie cu precizie deplasarea Pământului şi a planetelor în jurul Soarelui (Fig.116). A rămas în istorie prin enunțarea celor trei legi care au fost cunoscute la începutul secolului al XVII-lea (legile lui Kepler). Primele două legi au fost publicate în 1609, în lucrarea *"Astronomia nova"*, cea de a treia în 1619 în lucrarea *"Harmonices mundi"*.

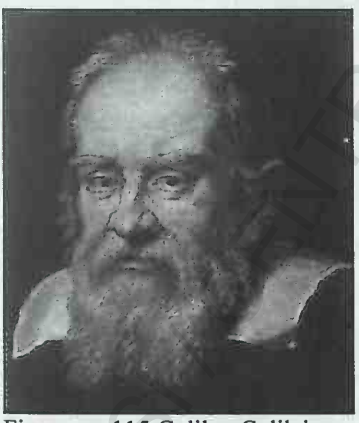
Figura nr. 115 Galileo Galilei

Legile lui Kepler descriu mişcările planetelor în jurul Soarelui sau mişcările sateliților naturali în jurul planetelor mamă.

Prima lege precizează că "*Planeta se mişcă în jurul stelei pe o orbită eliptică, în care steaua reprezintă unul din focare*".

Figura nr. 116 Johannes Kepler

A doua lege precizează că *„Linia dreaptă care unește planeta cu steaua (raza vectoare a planetei) mătură arii egale în perioade de timp egale.* Din această lege, numită *a ariilor egale*, rezultă că o planetă se deplasează pe orbită cu atât mai repede cu cât este mai aproape de stea. În cazul Pământului, raza vectoare mătură într-o secundă o arie de peste 2 miliarde km^2.

A treia lege precizează că *"Pătratul perioadei de revoluție a planetei este proporțional cu cubul semiaxei mari a orbitei".*

Isaac Newton a continuat cercetările legate de mișcarea corpurilor cosmice și a fost cel care a explicat originea acestor traiectorii și a stabilit astfel legea atracției gravitaționale universale. *"Două corpuri punctiforme de masă m1 și m2 se atrag reciproc printr-o forță direct proporțională cu produsul maselor corpurilor și invers proporțională cu pătratul distanței dintre ele, orientată pe direcția dreptei ce unește centrele de greutate ale celor două corpuri".*

Următorul mare pas în cunoașterea Universului a fost facut atunci când, cu ajutorul spectografelor, s-a putut determina faptul că lumina provenind din stele are proprietăţi similare cu cea a Soarelui. Acesta a devenit astfel o stea, printre multe altele în imensitatea Universului.

1.3.Structura Universului

Universul este compus din spaţiu, din materie cosmică (stele, inclusiv planete, gaz, praf interstelar, materie întunecată, etc), din radiaţii electromagnetice şi, probabil, din timp. Spaţiul este locul unde se desfăşoară acţiunea Universului în care materia şi radiaţiile apar, se deplasează sau dispar. Spaţiul ar fi deci independent de materie sau de timp. Imaginea modernă aferentă Universului este diferită, spaţiul fiind considerat ca un produs al materiei iar evoluţia lui depinde de această materie [27].

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Materia cosmică conţine în medie 0.5 particule/cm^3 şi este compusă din elemente simple, în general din nuclee atomice (în special protoni). În anumite zone din spaţiu şi sub anumite condiţii, această densitate poate atinge un milion (10^6) de particule/cm^3 pentru a forma nebuloasele din care se nasc stelele. Spaţiul conţine cel puţin 300 sextilioane de stele (300.000.000.000.000.000.000.000 sau 300 x 10^{21}). Steaua cea mai apropiată de Pământ, în afara Soarelui, se găseşte la o distanţă de 4 a-l iar steaua cea mai îndepărtată, la cca. 10^{10} a-l. Cea mai mare stea cunoscută, până în prezent, este de circa 150 ori mai masivă decât Soarele (adică 150 MS) iar steaua cu masa cea mai mică are circa 0.1 MS. Steaua cea mai mare poate avea un diametru de 100 de ori mai mare decât cel al Soarelui iar cea mai mică, un diametru de numai câţiva km (stelele de neutroni).

Radiaţiile (sau undele) electromagnetice străbat spaţiul alături de radiaţia reziduală produsă la scurt timp după formarea Universului. Manifestarea acestora se face resimţită în întregul Univers [34], [61].

Timpul este o variabilă independentă percepută diferit în funcţie de starea observatorului. Enstein a demonstrat faptul că timpul este relativ şi că depinde de mişcare şi gravitaţie. Deformarea timpului prin mişcare se numeşte efect de dilataţie şi poate fi demonstrată folosind ceasuri atomice. Intr-un experiment din a doua parte a secolului al XX –lea fizicienii au instalat într-un satelit care urma sa se învârtă în jurul Pamântului două ceasuri atomice. Acestea au înregistrat o diferenţă de 59 de nanosecunde faţă de ceasurile de pe Pământ – exact cum prezicea teoria lui Einstein.

1.4.Formarea Universului

Universul s-a născut acum cca. 14 miliarde de ani (1,4 x 10^{10} ani). Această vârstă a fost calculată în urma analizei spectrelor luminoase ale celor mai îndepărtate stele. Spectrul luminos al unei stele este deplasat către roşu proportional cu distanţa care ne separă de ea. Altfel spus, viteza între două corpuri cosmice aflate în mişcare este proporţională cu distanţa ce le separă. Se constată că distanţa dintre corpurile cosmice aflate în mişcare creşte în mod continu, ceea ce înseamnă că Universul se dilată.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Plecând de la pricipiul expansiunii Universului, fizicienii au refăcut calea inversă a materiei considerând că, la un moment dat, totul se găsea în acelaşi loc, într-un punct. Întorcându-ne în timp, găsim vârsta de 14 miliarde de ani [34].

Figura 117 nr. Big bang

Iniţierea formării Universului (geneza Universului) s-a făcut printr-o mare explozie (Big bang), (Fig.117, 118). Prin explozia iniţială nu trebuie să se înţeleagă o explozie a materiei într-un spaţiu vid. Se poate considera că Big bang-ul înseamnă, de fapt, o explozie a materiei, spaţiului şi timpului. Există ipoteze conform cărora se poate merge înapoi în timp până la 10^{-43} secunde. Dincolo de acest moment ştiinţa ajunge să-şi declare propriile limite, imaginaţia nu ne mai ajută. Această barieră temporală a mai fost numită "zidul lui Planck". Dincolo de acest „zid" legile fizicii nu mai sunt valabile pentru că este "nimicul". Nu putem aplica legile fizicii la "nimic". Nu mai avem spaţiu şi timp pentru a aplica teoria relativităţii a lui Einstein.

La începutul formării Universului, totul (materia, radiaţiile şi spaţiul) se găsea probabil concentrat într-un punct. Universul nu ocupa decât o minusculă sferă care se găsea la o temperatură şi presiune astronomică, inimaginabilă. In acel moment, considerat originea timpului (T = 0) începe expansiunea Universului (Big bang) [61].

BCU IASI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Începutul Universului a fost caracterizat de conversiuni reciproce ale materiei şi energiei, particulele elementare (electroni, pozitroni, neutrini, fotoni) erau create permanent de o energie pură, urmând ca, după o viaţă scurtă, să fie anihilate. În primele clipe de existenţă a Universului temperatura era uriaşă fiind estimată la (4×10^{10} °C). Pe măsură ce explozia a continuat, temperatura a scăzut, atingând la sfârşitul primelor trei minute, valoarea de 1000 de milioane de grade (1mld °C) [27].

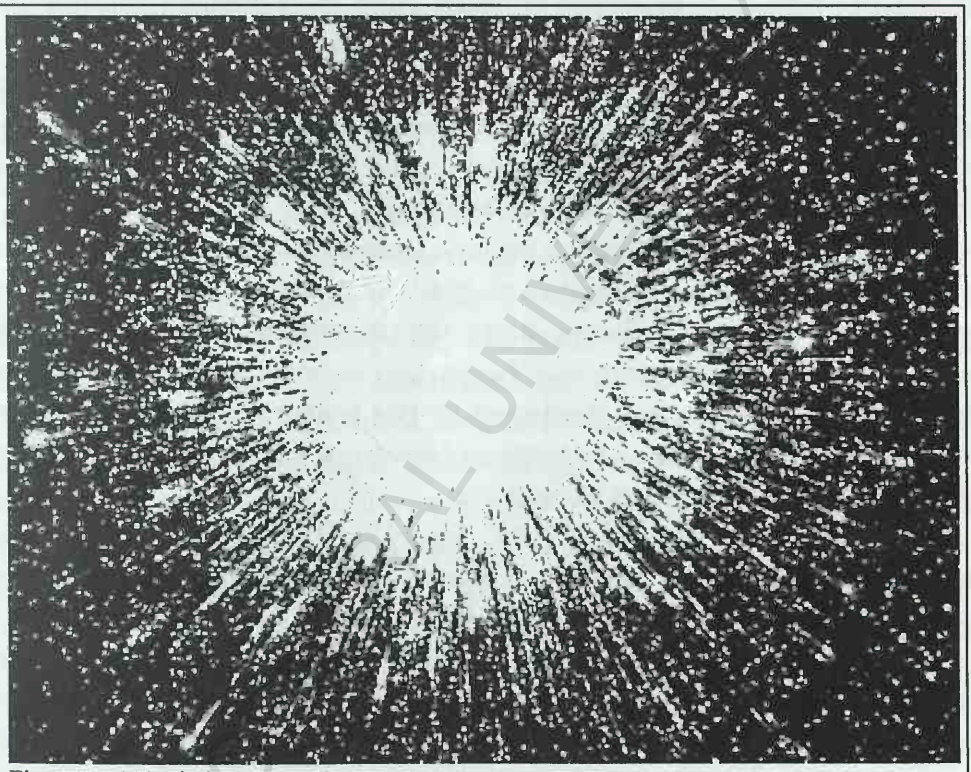

Figura nr. 118 Big bang

La sfârşitul primelor trei minute Universul era alcătuit mai ales din lumină, neutrini şi antineutrini. Mai exista şi o mică proporţie de material nuclear, format din aproximativ 73% hidrogen şi 27% heliu şi un număr mic de electroni. Aceşti electroni sunt din cei rămaşi din vremea anihilării electronilor cu pozitronii. Temperatura a devenit atunci suficient de scăzută pentru ca protonii şi neutronii să înceapă formarea de nuclee mai complexe, începând cu nucleele hidrogenului greu (numit şi deuteriu), care sunt compuse dintr-un

neutron şi un proton. Amestecul de materie a devenit tot mai rece şi cu o densitate din ce în ce mai mică.

După 300000 ani de la marea explozie, temperatura Universului a scăzut suficient pentru ca protonii, neutronii si electronii să poată să se combine între ei. În aceeaşi perioadă radiaţile se decuplează de materie şi străbat spaţiul fară a fi perturbate. Aceste radiaţii primitive, numite radiaţii de fond cosmic, au fost analizate şi corespund, în toate privinţele, cu previziunile teoriei Big bang-ului. În această perioadă încep să se formeze galaxiile iar evoluția și transformările s-au desfaşurat, în mod firesc, până în prezent [34].

Ipotezele vehiculate în legatură cu viitorul Universului sunt destul de diverse şi antagonice. Cel mai probabil va continua să fie în expansiune deoarece cantitatea de materie pe care o conţine Universul pe metru cub este una redusă şi se va afla într-o continuă reducere.

O altă ipoteză consideră că evoluția Universului este ciclică și că de la un anumit moment dat, va începe să se contracte pentru a reveni la punctul de plecare. Dacă Universul va începe să se contracte, galaxiile se vor apropia până când vor intra în coliziune şi vor fuziona. Acest moment este cunoscut în literatura de specialitate sub denumirea de Big crunch. Potrivit informaţiilor actuale cantitatea de materie conținută de Univers pe metru cub este prea mică pentru ca acesta să înceapă să se contracte.

Alte ipoteze vehiculează idei legate de o anumită accelerare a expansiunii Universului sau de o încetinire a acesteia aducând o serie de argumente mai mult sau mai puțin științifice.

Mulţi cercetători consideră că una dintre cele mai importante descoperiri ale secolului al-XX-lea este aceea că *Universul se află într-o continuă mişcare.* Date şi măsuratori experimentale au confirmat de-a lungul ultimelor şapte decenii că Universul este în expansiune. Acesta creşte cu fiecare zi ce trece, devenind tot mai mare. Cu fiecare miliard de ani care trece, Universul este mai mare cu 5-10%. Expansiunea acestui imens număr de galaxii, însumând miliarde de miliarde de stele cu mase enorme, are loc fără întrerupere. Explozia care a dat naştere Universului continuă şi în prezent. S-ar putea spune că nu s-a încheiat, întrucât „fragmentele" de pe urma ei, ce constituie miliardele de galaxii, se îndepărtează încă unele de altele [48], [61].

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Expansiunea Universului a permis rarefierea materiei, făcând posibilă construcţia galaxiilor prin ceea ce este numit procesul de acreţie, strângerea gazului în nori, rotirea lor continuă, aglomerarea particulelor de gaz în nori mai mici, care dau naştere stelelor şi celorlalte corpuri cereşti. Din acest motiv, expansiunea este esenţială pentru felul în care arată Universul astăzi. Fără această caracteristică, nici Calea Lactee, nici Soarele şi nici Pământul nu ar fi existat.

Gravitaţia existentă în Univers constituie o forţă de atracţie, ce tinde să strângă laolaltă, să adune materia, nicidecum să o disperseze. Cosmologia explică formarea galaxiilor sau a sistemelor asemănătoare sistemului Solar, prin aglomerarea gravitaţională. Toată arhitectura Universului, cu diversele forme de galaxii, stele, găuri negre, planete şi traiectoriile lor eliptice sunt determinate, în bună parte, de gravitaţie.

Universul aflat în expansiune tinde, în acelaşi timp, să fie comprimat de gravitaţie. Aceasta se opune expansiunii induse de impulsul marii explozii numite Big bang. Raportul dintre impulsul iniţial, care îl măreşte, şi gravitaţia, care tinde să îl comprime, aglomerând materia este esenţial în evoluţia Universului. Unele calcule arată că, dacă densitatea de masă a Universului ar fi depăşit cu puţin valoarea actuală, atunci gravitaţia ar fi fost mai puternică decât impulsul Big bang-ului iar Universul nu s-ar mai fi extins atât de mult. Pe de altă parte, dacă densitatea Universului ar fi fost mai mică, expansiunea lui ar fi fost prea rapidă, diminuând şansele gravitaţiei de a strânge materia în nori protogalactici care să permită formarea galaxiilor, stelelor şi a celorlalte corpuri cosmice [27], [48].

2.Galaxiile – formare, evoluţie şi caracteristici

Galaxiile sunt considerate a fi structurile fundamentale ale Universului, sisteme cosmice masive aflate sub influenţa forţelor gravitaţionale. Din punct de vedere al complexităţii acestor structuri, au fost identificate o serie de galaxii cu structură simplă formate din stele comune care nu prezintă anumite particularităţi individuale şi galaxii cu structură complexă formate din stele, gaz neutru şi ionizat, praf, nori moleculari, câmpuri magnetice, radiaţii cosmice etc.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Galaxiile tipice conţin sute de miliarde de stele, toate orbitând în jurul unui centru de gravitaţie comun reprezentat, în majoritatea situaţiilor, de o gaură neagră masivă. Galaxiile conţin tipuri variate de nebuloase şi un număr mare de sisteme şi clustere stelare. Cele mai multe galaxii au un diametru cuprins între câteva zeci şi câteva sute de mii de ani lumină şi sunt, de obicei, separate una de alta prin distanţe de ordinul câtorva milioane de ani lumină [34], [50].

Galaxiile solitare sunt în număr foarte redus, majoritatea lor fiind legate gravitaţional de alte galaxii formând sisteme galactice de mărimi diferite. Structurile ce conţin până la 50 de galaxii sunt numite *grupuri de galaxii*. În

Figura nr. 201 Roiul de galaxii (cluster) Abell 1689. Credit NASA

BCU CLUJ UNIVERSITY LIBRARY

acest sens, dacă ne referim la galaxia Calea Lactee, aceasta face parte din *Grupul Local* alături de galaxiile de tip spirală Andromeda și Galaxia M31. Cele trei galaxii mari au dimensiuni asemănătoare la care se adaugă alte 35 de galaxii mai mici. Diametrul aproximativ al Grupului Local este de 1,2 megaparseci (1,2Mpc). Structurile mai mari, conținând multe mii de galaxii înghesuite într-o arie de câțiva megaparseci în diametru sunt numite *roiuri de galaxii (clustere),* (Fig.201). Clusterele sunt adesea dominate de o galaxie eliptică gigantică, care, cu timpul, distruge galaxiile satelit din jurul ei și le încorporează. Grupul Local face parte din roiul de galaxii Fecioara (Virgo) caracterizat de o aglomerare mare de galaxii în partea centrală și o densitate mai mică la exterior. *Superroiurile de galaxii (superclusterele)* sunt colecții gigantice conținând zeci de mii de galaxii, grupate în clustere, grupuri sau individuale. Superroiurile au diametre cuprinse între 10 și 20 megaparseci (Mpc) [34].

Folosind galaxiile catalogate de-a lungul timpului, astronomii au creat o hartă a Universului apropiat, hartă ce arată distribuția galaxiilor în spatiu. Se pare că, galaxiile și roiurile de galaxii tind să se grupeze într-o structură filamentară, fiind separate de goluri. Filamentele de galaxii sunt cele mai mari structuri ale Universului având diametre cuprinse între 70 și 150 megaparseci.

Teoria formării și evoluției galaxiilor se află încă în stadiu de construcție. Primele galaxii au apărut "imediat" după nașterea Universului (la cca. 300000 de ani după Big bang). Se consideră că în Univers se găsesc peste 100 de miliarde de galaxii, fiecare dintre ele fiind formată din sute de miliarde de stele. Putem să ne închipuim cât de cât un număr asemănător, dacă ne gândim că un om în vârstă de 30 de ani, încă nu a trăit 1 miliard de secunde. Așadar, ca să numărăm doar un miliard de galaxii ne-ar trebui mai bine de 30 de ani. Dar nu sunt un miliard de galaxii, ci mai mult de 100 de miliarde (estimări realizate cu ajutorul telescopului Hubble) [48], [50].

Un alt posibil element de comparație, care poate să sugereze ce înseamnă 100 de miliarde, este cel al unui stadion cu o capacitate de 30000 de locuri care este umplut cu boabe de cafea. În cest caz fiecare boabă reprezintă o galaxie.

Galaxiile care emit multă lumină albastră din spectrul vizibil formează stele tinere, masive și foarte luminoase. Luminozitatea galaxiilor normale este

BCU IAȘI CENTRALA UNIVERSITARĂ

considerată a fi de 10^{12} luminozităţi solare în timp ce galaxiile cele mai mici pot avea o luminozitate de 10^5 luminozităţi solare. Din punct de vedere al masei galactice, galaxiile normale pot avea o masa de 10^{13} MS (mase solare) spre deosebire de galaxiile mai mici care pot avea doar 10^7 MS. Astronomii au mai observat că unele galaxii par a avea mai mult de un nucleu galactic (galaxia noastră văzută din spaţiu are un singur nucleu). Investigaţiile galaxiilor cu nuclee multiple, au relevat faptul că aceste nuclee intră în coliziune formând un singur sistem de stele şi gaz. Aceste coliziuni sunt puternice şi au loc pe parcursul mai multor milioane de ani. În Univers au fost observate situaţii în care coliziunea dintre galaxii mici poate să genereze noi galaxii masive şi foarte luminoase. Acest tip de anihilare pare să fi fost mai frecvent în trecutul îndepărtat, iar galaxiile actuale este posibil să fi ajuns la dimensiunile prezente datorită acestui proces de anihilare a galaxiilor mai mici [27], [60].

Figura nr. 202 Edwin Hubble (1889-1953)

2.1.Clasificarea galaxiilor

Clasificarea galaxiilor facută de Edwin Hubble în 1936 rămâne cea mai utilizată şi în zilele noastre (Fig.202). Acesta a creat o diagramă, numită secvenţa Hubble care are la bază criteriul morfologic rezultat în urma analizei imaginilor galaxiilor (Fig.203). Aceste imagini sunt influenţate puternic de unghiul care ne permite vizualizarea lor (poziţia observatorului în raport cu planul galaxiei luate în analiză). Din această cauză este posibil ca unele galaxii care în prezent sunt încadrate unui anumit tip morfologic să aibă în realitate caracteristicile morfologice ale altui tip. Conform secvenţei Hubble există trei mari tipuri de galaxii respectiv eliptice, spirale şi neregulate [34].

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

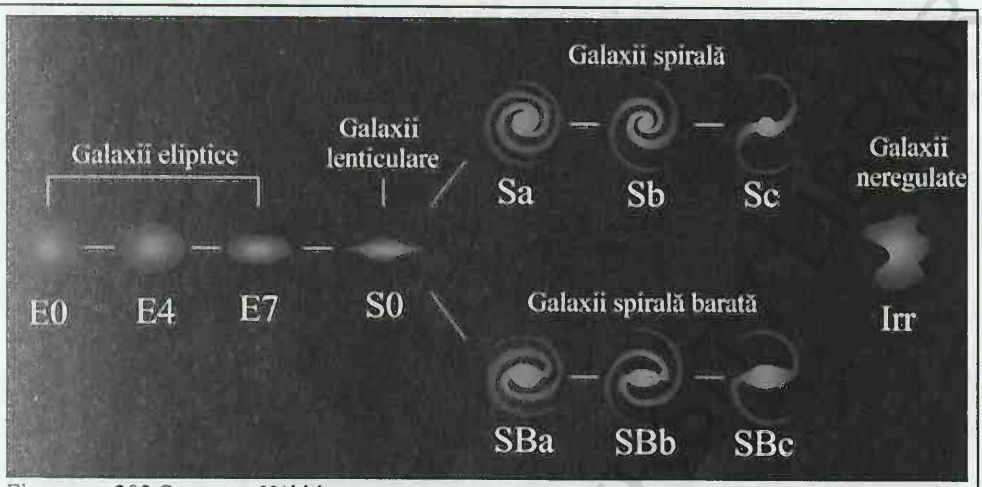

Figura nr. 203 Secvența Hubble

Galaxiile eliptice sunt galaxii ce apar pe bolta cerească sub formă eliptică având o densitate mare a materiei stelare în zona centrală și o reducere a densității stelare spre periferie (Fig.204). În cadrul galaxiilor eliptice nu

Figura nr. 204 Galaxia eliptică M87 aflată la o distanță de 50 milioane ani lumină de Terra. Credit NASA

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

există semne ale prezenței materiei interstelare (benzi întunecate sau stele tinere strălucitoare). Acestea nu prezintă brațe spirale iar diferențele dintre diferitele subtipuri ale acestei categorii sunt date de gradul de elipticitate. Pe secvența Hubble ele sunt marcate cu litera E la care se adaugă cifre ce pleacă de la 0 la 7 în funcție de raporturile existente dintre axele majoră (a) și minoră (b). Formula de calcul al tipului En este

$$n = 10 (1 - b / a)$$

În cazul tipului E0 galaxia ere o formă circulară. Cele mai intâlnite galaxii eliptice sunt cele pitice, ce conţin maxim 1 milion de stele. În aceste galaxii nu există stele tinere, praf interstelar si nici roiuri stelare. Stelele ce fac parte din galaxiile eliptice sunt stele bătrâne.

Figura nr. 205 Galaxia spirală NGC 5985 aflată la o distanță de 100 milioane ani lumină de Terra. Credit NASA

Pe secvența Hubble la trecerea de la tipul lenticular la tipul spirală se găsește subtipul S0 care are caracteristicile unei galaxii lenticulare dar prezintă și materie interstelară care le poate apropia de tipul galaxiilor spirală.

BCU IASI UNIVERSITY LIBRARY

Galaxiile spirală se deosebesc de galaxiile eliptice prin faptul că au o structură bine determinată (Fig.205, 206). Au un nucleu asemănător cu o galaxie eliptică (alcătuit din stele bătrâne) iar în centrul nucleului există o gaură

Figura nr. 206 Galaxia spirală NGC 628 aflată la o distanță de 32 milioane ani lumină de Terra. Credit NASA

neagră supermasivă. Centrul galaxiilor spirală poate avea forma sferică sau poate avea o formă de bară (galaxii spirală barată - SB). Galaxiile spirală au braţe spirale, în care există stele tinere şi mult praf şi gaz interstelar. Pe secvența Hubble, galaxiile spirală se împart în două subtipuri: spirală normală Sa-Sb-Sc şi spirală barată SBa-SBb-SBc (Fig.207). Galaxia noastră (Calea

Figura nr. 207 Galaxia spirală barată NGC 4394 aflată la o distanță de 55 milioane ani lumină de Terra. Credit NASA

Lactee) este o galaxie spirală de tipul SABbc (intermediară între Sb și Sc și între galaxiile spirală normală și spirală barată) [50].

În cadrul secvenței Hubble, clasificarea galaxiilor se bazează în principal pe luminozitatea galaxiilor. Galaxiile slab luminoase au fost încadrate mai dificil în această clasificare fiind necesară cea de a treia categorie, cea a galaxiilor neregulate. Acestea sunt compuse numai din stele tinere, gaz și praf

interstelar. Ca aspect galaxiile neregulate nu se aseamănă una cu alta, neavând

Figura nr. 208 Galaxia neregulată IC 3583 aflată la o distanţă de 30 milioane ani lumină de Terra. Credit NASA

nucleu şi nici braţe spirale (Fig.208). Se crede că majoritatea acestor galaxii au fost galaxii spirale sau eliptice, dar au fost deformate în urma întâlnirilor cu alte galaxii. Şi galaxiile neregulate pot fi împărţite în două categorii IrrI care sunt încadrate după galaxiile de tipul Sc fiind bogate în gaze şi conţinând multe stele tinere şi IrrII care conţin mult praf şi sunt eliptice mici şi neregulate [50].

2.2.Galaxia Calea Lactee

Galaxia Calea Lactee este galaxia în care se află Sistemul Solar şi alte cca. 200 miliarde de stele cu eventualele lor planete şi peste 1000 de nebuloase

(Fig.209). Numele de Calea Lactee i-a fost dat în antichitate ca urmare a apariţiei sub formă de bandă cu aspect lăptos pe bolta cerească (Fig.210a). Geneza galaxiei Calea Lactee este asemănătoare cu cea a altor galaxii fiind vehiculată ipoteza prăbuşirii sub propriai greutate a unui sistem protogalactic

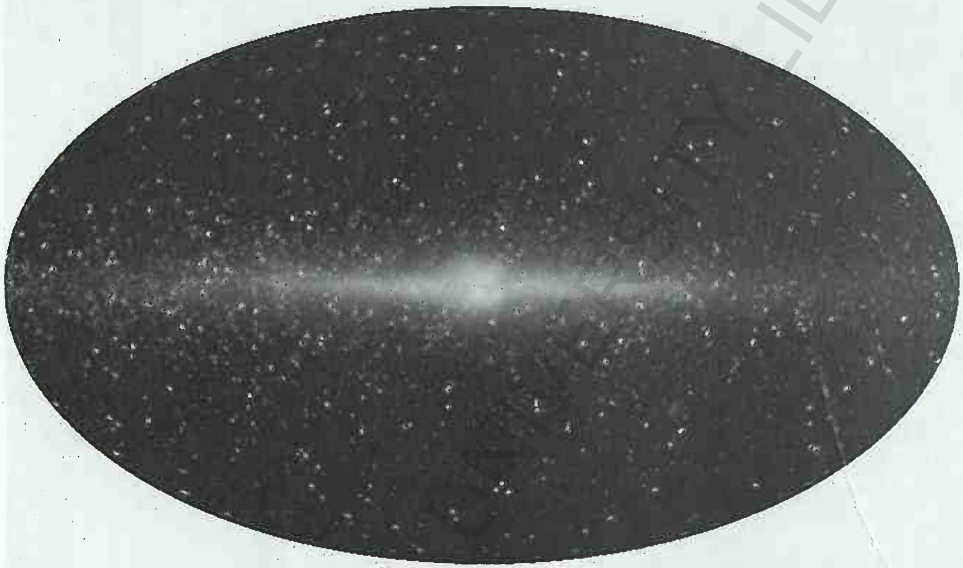

Figura nr. 209 Galaxia Calea Lactee – imagine obţinută prin analiza undelor infraroşii. Credit NASA

cu densitate mai mare decât cea existentă în spaţiul cosmic învecinat. Evoluţia galaxiei poate fi explicată prin studierea stelelor de vârstă diferită care fac parte integrantă din aceasta. Cele mai vechi stele cu vârsta cuprinsă între 12 şi 14 miliarde ani formează un halou stelar cu distribuţie aproape sferică în interiorul galaxiei [34], [39]. Pe braţele de tip spirală se găsesc stele mai tinere a căror vârstă nu depăşeşte 10 miliarde de ani (aici încadrându-se şi Soarele). Stelele cu vârstă intermediară cuprinsă între 10 şi 12 miliarde de ani se găsesc în sectorul mai consistent al discului galactic. În zona bulbului central şi a barei galactice există stele cu vârsta cuprinsă între 7 şi 11 miliarde de ani. Diferenţele de vârstă existente între stelele diferitelor sectoare ale galaxiei indică o permanentă transformare şi evoluţie a acestora [39], [50].

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

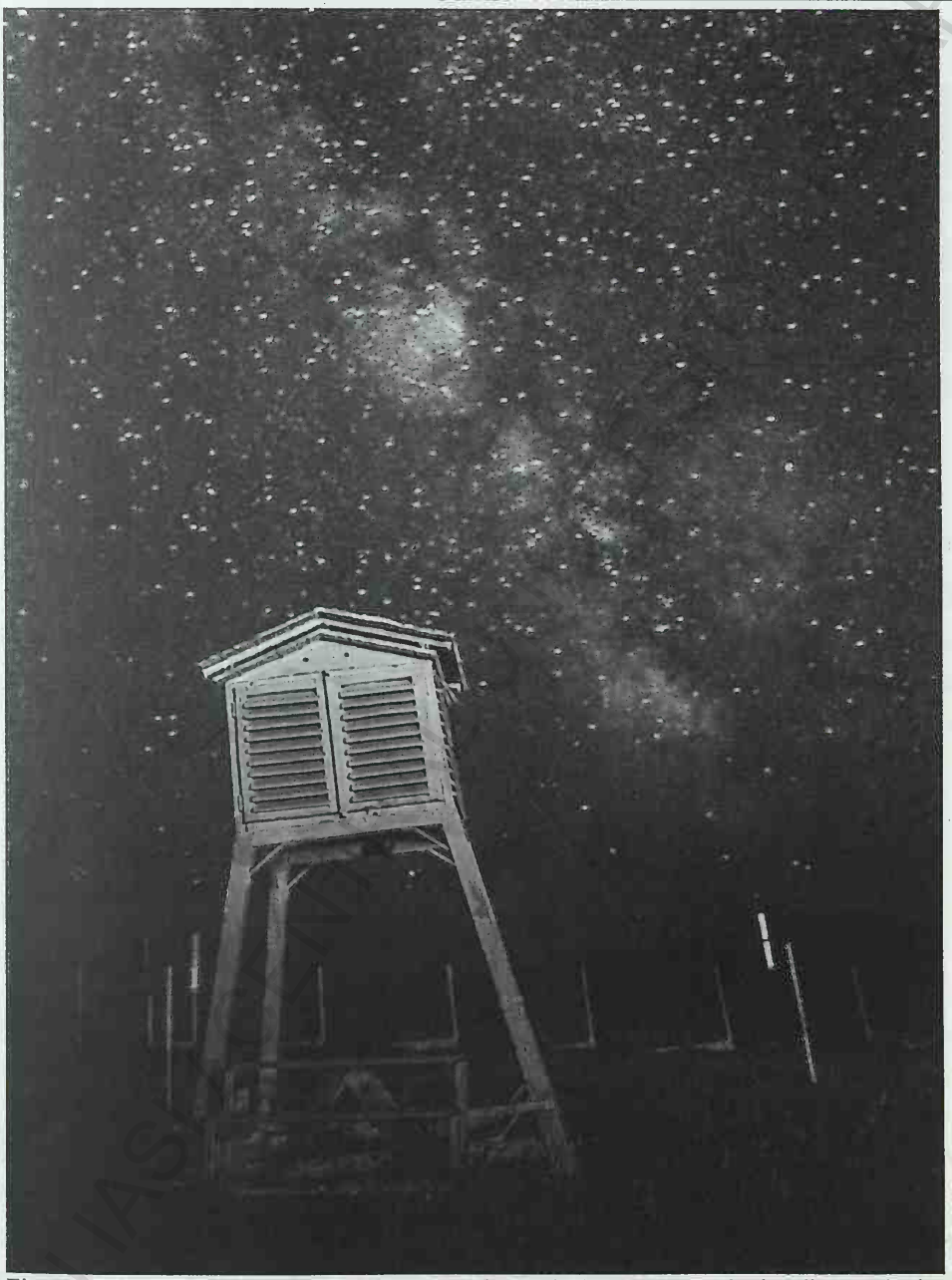

Figura nr. 210 a Galaxia Calea Lactee văzută de pe platforma meteorologică din Masivul Rarău

Din punct de vedere morfologic este o galaxie în formă de spirală spre

spirală barată cu un diametru de 100 000 ani lumină şi o grosime de 1000-2000 ani lumină. Are patru sau mai multe braţe în care este concentrată materie stelară (Fig.210b). Sistemul nostru solar este situat în unul din aceste braţe la circa 28 000 ani lumină de centrul ei. Nucleul galaxiei are un diametru de 15 000 a l şi o lăţime de 5000 a l şi se ascunde în spatele unei nebuloase de gaze şi pulberi. Imaginiile preluate prin infraroşu şi unde radio de către sateliţi prezintă fie o mare aglomerare de stele, fie o gaură neagră. Toată materia galaxiei orbitează în jurul centrului de greutate numit şi centru galactic [34], [39].

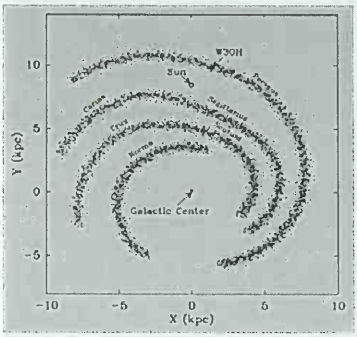

Figura nr. 210 b Braţele spirală ale galaxiei Calea Lactee (Y.Xu et.al. 2006, citat de Karttunen, H. et al.2006)

Galaxia Calea Lactee face parte dintr-un grup format din trei mari galaxii şi alte 30 galaxii mai mici. Cea mai mare galaxie din vecinătatea galaxiei noastre este Andromeda situată la aproximativ 2,9 milioane a l. Cele mai apropiate galaxii de Calea Lactee sunt mai mici şi au rol de sateliţi ai galaxiei noastre, găsindu-se la aproximativ 80000 a l [39].

2.3.Stelele

Stelele sunt corpuri cosmice cu formă sferică constituite din gaze aflate la temperaturi foarte mari datorită reacţiilor nucleare din interior. Acestea degajă căldură şi lumină proprie acţionând asupra spaţiului cosmic din vecinătate. O mare parte a materiei din Univers este concentrată în stele [27]. Primele stele au apărut după circa 500 milioane de ani de la Big bang. Formarea acestora este legată de existenţa nebuloaselor care datorită dimensiunilor lor gigantice (50 – 300 a-l), conţin enorm de multă materie: 10^5 – 10^7 MS (Fig.211, 214, 215). Materia cosmică dintr-o nebuloasă rămâne concentrată şi stabilă, graţie echilibrului între forţele de atracţie gravitaţionale centripete şi forţele centrifuge cauzate de viteza particulelor [46]. Când o nebuloasă intră în contact cu o alta sau când este străbătută de undele de şoc

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

provenind din explozia unei stele (supernove), particulele se apropie între ele, gravitatia devine mai puternică şi mişcarea către centru se amplifică în mod

Figura nr. 211 Nori moleculari – Nebuloasa Vulturul (M16) în anul 2014. Credit NASA

rapid [16], [60], [62]. Fragmentele din nebuloasa originală se «condensează» şi se încălzesc din ce în ce mai mult, cu cât se apropie de centru, până se ajunge la o situaţie de echilibru ce depinde de masa noii stele formate.

BCU "LUCIAN BLAGA" UNIVERSITY LIBRARY

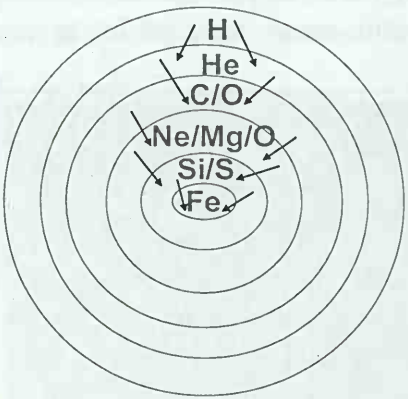

Figura nr. 212 Etapele formării elementelor chimice din interiorul stelei

1. În cazul în care masa este mai mică decât 0,1 MS, steaua se răcește relativ repede (în cca. 100 milioane de ani) și se stinge fără să strălucească devenind o pitică brună.

2. Dacă masa este cuprinsă între 0,1 și 0,5 MS, temperatura stelei crește până ce atinge circa 10 milioane de grade celsius (10^7 °C). Hidrogenul inițial se transformă în heliu prin reacții nucleare de fuziune, producând astfel o imensă cantitate de energie care se opune atracției către centru și care menține constante, pentru un timp îndelungat, diametrul și temperatura stelei. Steaua strălucește și este numită pitică roșie. După o foarte lungă perioadă de

Figura nr. 213 SupernovaVeil formată acum 8000 de ani prin explozia unei stele masive. Credit NASA

timp (10^{11} ani), se stinge pentru a deveni o pitică brună.

3. Dacă masa este cuprinsă între 0,5 şi 5 MS, steaua consumă hidrogenul mai repede şi existenţa sa va fi mai scurtă (10^6 – 10^{10} ani). După ce tot hidrogenul este consumat, steaua se contractă din nou. Temperatura creşte şi când atinge 10^{10} °C, nucleele de heliu declanşează o nouă serie de reacţii de fuziune pentru a produce carbon. Imensa caldură produsă, dilatează straturile superficiale ale stelei care poate să atingă un diametru de 100 de ori mai mare decât în prima fază, steaua devenind o uriaşă roşie. Ulterior, procesul de contracţie reîncepe, temperatura stelei creşte din nou, nucleele de carbon se combină între ele pentru a rezulta, la final, nuclee de fier, elementul cel mai greu posibil într-o stea în evoluţia sa normală (Fig.212). Steaua devine o pitică albă, extrem de densă, astfel încât o stea de masa 0,6 MS are un volum egal cu cel al Pamântului. Ea continuă să emită, prin radiaţii, căldura acumulată, timp de multe milioane de ani. Steaua devine atunci, în general, o pitică neagră. Dacă însă masa piticei albe depăşeşte limita de 1,4 MS, presiunea către exterior a electronilor nu mai poate împiedica steaua să se contracte. În aceste condiţii

Figura nr. 214 Nori moleculari (Nebuloasa Orion). Credit NASA

explodează cu o violenţă extraordinară formând o supernovă (Fig. 213) [29], [46].

4. Dacă masa stelei este mai mare de 5 MS, avem de-a face cu o superuriaşă roşie. Acest tip de stea trece şi ea prin toate fazele precedente pentru a se termina, în general, ca o supernovă. Explozia supernovelor aruncă în spaţiu o cantitate enormă de elemente. Unele elemente, mai grele decât nucleele de fier, se vor regăsi în planete, altele se combină cu alte materii reziduale pentru a da naştere altor stele sau planete [16].

Stelele pitice albe sunt stele foarte dense, formate din materie degenerată în care nu mai au loc reacţii termonucleare, radiind energie termică pe seama rezervei acumulată în trecut. Piticele albe se răcesc treptat transformandu-se în *pitice negre* (care nu se observă).

Stelele neutronice (pulsari) se pot forma după explozia (supernova) unei stele cu masă mare. Nucleul stelar se contractă puternic (prin colaps gravitational), transformandu-se în stea neutronică. Într-un anumit stadiu al evoluţiei sale aceasta se poate manifesta ca radiopulsar sau ca sursă discretă de

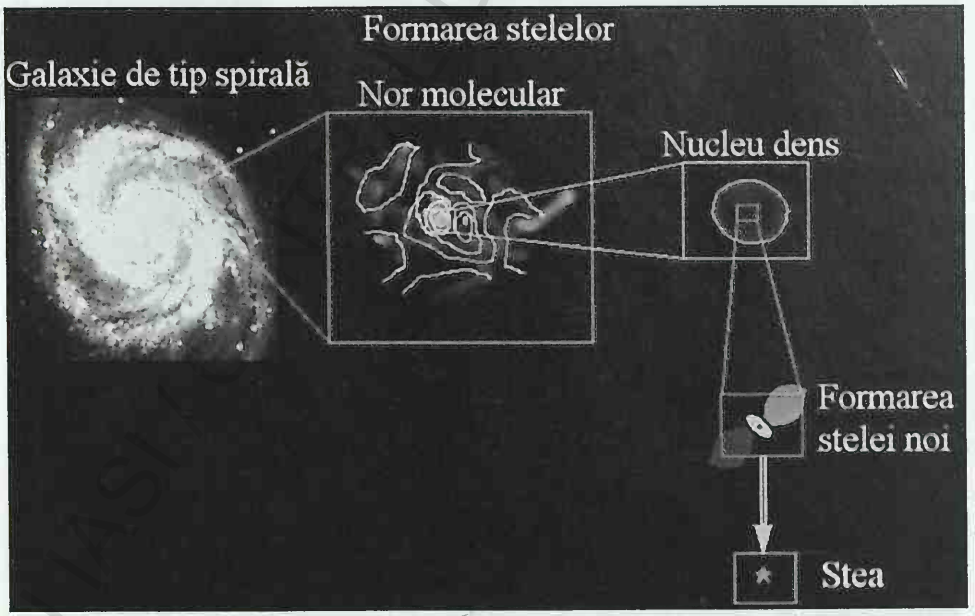

Figura nr. 215 Formarea stelelor

raze x într-un sistem binar restrâns (pulsar Roentgen) [4], [62].

Stadiul de gaură neagră este generat în urma exploziei unei stele gigante masive. Masa care rămâne după explozie poate depăși 2,5 mase solare intrând în colaps gravitațional care (teoretic) se contractă până la o densitate infinită. Când raza stelei în colaps gravitațional coboară sub *raza Schwarzschild*, steaua se transformă într-o gaură neagră. Găurile negre sunt considerate ca singularități ale Universului.

Raza Schwarzschild reprezintă abilitatea masei de a curba spațiul și timpul. Aceasta este raza unei sfere în spațiu care, dacă ar conține o cantitate suficientă de masă (și ar ajunge la o anumită densitate), ar avea o gravitație atât de mare încât nici o forță cunoscută nu ar putea opri masa de la prăbușirea într-un punct de densitate infinită: singularitate gravitațională [4], [62].

În urma inventarierii a peste 500000 de stele s-a constatat că în majoritatea cazurilor acestea se grupează formând așa numitele roiuri de stele. În cadrul roiurilor se pot găsi sute sau mii de stele grupate într-un perimetru central, formând un nucleu cu densitate mare, înconjurat de o zonă cu densitate stelară redusă. În cadrul galaxiei Calea Lactee au fost identificate cateva mii de roiuri de stele care au diametre de până la 150 parseci [27], [60].

3.Sistemul Solar – geneza

Observațiile efectuate asupra galaxiei Calea Lactee au evidențiat faptul că aproximativ 90% din materie se află concentrată în stele iar restul de 10% în spațiul interstelar unde există zone în care materia sub formă de gaz este concentrată într-o serie de nori moleculari (nori protostelari). Pe lângă materia interstelară sub formă de gaz mai există și mici particule de praf interstelar. În stadiul actual al cunoașterii, mecanismul formării acestor nori nu este pe deplin înțeles dar astronomii fizicieni au conturat o serie de ipoteze care încearcă să explice unele procese evolutive specifice stelelor și galaxiilor [17], [50], [59].

Conform principiilor care stau la baza creației și evoluției stelelor în etapa finală materia conținută de acestea ajunge să fie disipată în cel puțin două moduri.

În cazul stelelor de dimensiuni apropiate de cele ale Soarelui după ce întreaga cantitate de hidrogen a fost consumată se trece la etapa în care nucleele de heliu declanșează o nouă serie de reacții de fuziune. În urma

BUJIASU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

acestor reacţii, imensa căldură produsă dilatează steaua ajungând la dimensiuni de până la 100 ori mai mari (uriaşă roşie). Acest proces de disipare a materiei continuă până ce nucleul stelei ramâne descoperit transformându-se într-o pitică albă. Toată materia care s-a îndepărtat de nucleu constituie un nor de gaz interstelar care se întinde pe distanţe de până la un an lumină [34], [59], [68].

În cazul stelelor de dimensiuni mai mari acestea trec prin toate fazele precedente pentru a se termina, în general, cu o imensă explozie (supernovă). Explozia supernovelor aruncă în spaţiu o cantitate enormă de elemente. Unele elemente mai grele decât nucleele de fier se vor regăsi în planete, altele se combină cu alte materii reziduale pentru ca, pe parcursul a miliarde de ani, să formeze uriaşi nori protostelari [46], [68].

Universul poate fi considerat un sistem uriaş de reciclare în care materia se află într-o continuă transformare. Privind înapoi în timp ne putem imagina că acum cca. 4,7 mld de ani în interiorul galaxiei Calea Lactee, la o distanţă de cca. 28000 de ani lumină de centrul galaxiei exista un nor molecular uriaş, foarte vechi, a cărui diametru era de cca. 100 ani lumină. Astfel de nori au fost observaţi şi în prezent în interiorul mai multor galaxii. Observaţiile recente efectuate cu ajutorul spectrometrelor asupra spaţiului interstelar galactic au evidenţiat faptul că cea mai mare parte a materiei interstelare se află grupată în nori moleculari a căror masă pot depăşi de milioane de ori masa Soarelui [16], [17].

Norul molecular din care s-a format Soarele avea o mare parte din masă (73%) constituită din molecule de hidrogen, un gaz în care atomii de hidrogen sunt lipiţi împreună în perechi. Diferenţa de 27% din masa norului era formată din heliu şi urme de alte elemente cum ar fi carbon, oxigen şi particule din materiale silicatice „praf". Densitatea norului molecular era cuprinsă între câteva sute şi un milion de molecule pe centimetru cub, temperatura medie fiind de cca. -250° C, abia cu puţin mai cald decât însuşi spaţiul interstelar. Temperatura scăzută este extrem de importantă pentru persistenţa în timp a norului deoarece hidrogenul molecular nu poate supravieţui la temperaturi cu mult mai mari de atât pentru că energia agită moleculele până le distruge (Fig.301) [59].

Cauza care a declanşat procesul de formare a Soarelui rămâne o necunoscută. În prezent astrofizicienii încearcă să intuiască mecanismul prin

care se formează noi stele. Se consideră că în cadrul galaxiei Calea Lactee în fiecare an se nasc în medie câte cinci stele noi. Ipotezele cele mai cunoscute sunt legate de agitația moleculelor care poate sa aibă cauze multiple printre care explozia unei stele (supernovele), apropierea norului de o stea masivă a cărei gravitație a agitat moleculele etc. Ar fi fost nevoie doar de un astfel de eveniment pentru ca norul să se prăbuşească în sine sub propria greutate şi să formeze o serie de noi stele printre care s-a aflat şi Soarele [68].

Pe parcursul a câtorva milioane de ani, în interiorul norului s-au format o sumedenie de nuclee unde densitatea moleculară era de milioane de ori mai mare decât valorile medii. Aceste nuclee au început să atragă şi mai multă materie în stare gazoasă, în virtutea gravităţii lor mai puternice, iar norul iniţial s-a fragmentat în mii de "miezuri" mici şi dense. Majoritatea aveau să devină mai târziu stele, iar una dintre ele era destinată să devină Soarele [46].

Figura nr. 301 Nebuloasa Solară şi formarea protoplanetelor

Norul miez din care s-a format ulterior Soarele avea peste 50000UA în diametru, mai mult de o mie de ori mărimea actuală a sistemului nostru solar până la Pluto. Treptat, această masă densă de gaz a continuat să se prăbuşească în ea însăşi, un proces cunoscut sub numele de cădere liberă gravitaţională. Regiunile centrale cădeau cel mai repede fiind mai aproape de condensarea centrală unde atracţia gravitaţională era maximă. Marginile cele mai îndepărtate de nucleul norului se lăsau mai greu atrase în căderea lor inevitabilă.

În timp, pe măsură ce materia gazoasă din zona centrală accelera rapid spre interior, materialul de acolo, devenea din ce în ce mai fierbinte. După miliarde de ani de îngheţ profund, norul molecular se încălzea, în sfârşit, formând un cocon de gaz şi praf, o capsulă de materie întunecată ce înconjura

un nucleu dens şi cald. Un astfel de sistem este cunoscut sub numele de „globul" care nu este altceva decât incubatorul Soarelui [29], [68].

Ca şi în cazul tuturor celorlalte globule, cel solar era întunecat şi nu emitea lumină. Dar, mai târziu în evoluţia sa, pe măsură ce temperatura creştea, a devenit un emiţător puternic de radiaţii termice sau infraroşii. În acest stadiu nucleul Soarelui a continuat să atragă gaze de pe marginea internă a coconului încălzindu-se pâna la o temperatură de cca. 10000°C. Această temperatură a permis desprinderea atomilor de hidrogen şi transmitera unui impuls însemnat de radiaţie.

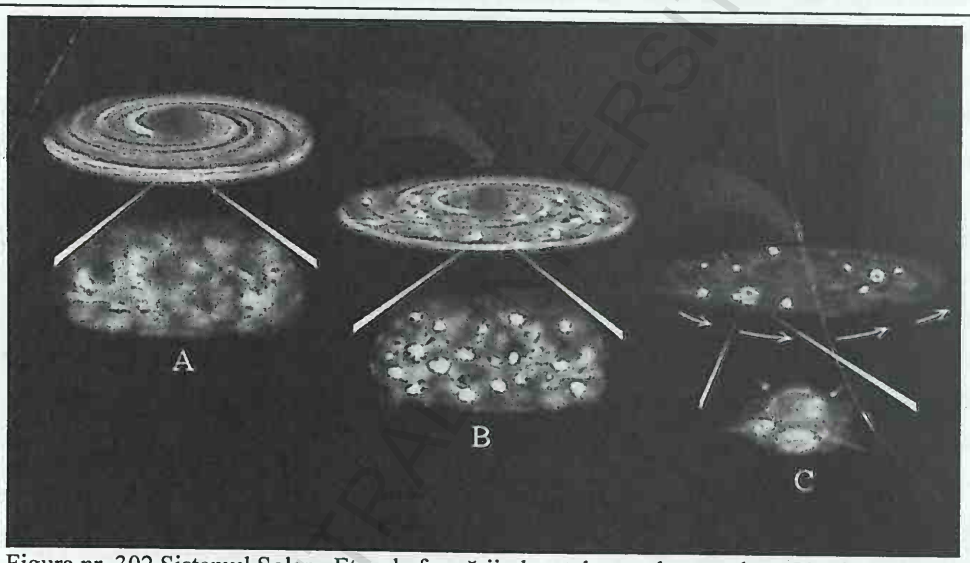

Figura nr. 302 Sistemul Solar - Etapele formării planetelor, prelucrare după J.P. Cummings

Radiaţia este compusă din mici pachete de energie numite fotoni, fiecare putând fi conectat cu o particulă subatomică. Dacă există destui fotoni emişi în fiecare secundă, aceştia pot să lovească precum o salvă de gloanţe, un baraj de forţă electromagnetică cunoscută ca presiune de radiaţie. Până în acel moment, nucleul globulului emitea prea puţini fotoni ca să exercite o forţă vizibilă. Ulterior însă, pe măsură ce valurile de radiaţie se scurgeau de la nucleul ce continua să se încălzească, fotonii se izbeau în regiunile cele mai externe ale globulului, unde gazele erau mai puţin dense şi le îngreunau călătoria spre interior [17].

Energia nu mai putea scăpa aşa uşor, aşa că din acel moment nucleul se încălzea mult mai repede pe măsură ce se micşora. Acumularea de căldură a încetinit astfel contracţia şi mai mult, iar miezul creştea mult mai încet. Ajunsese la o configuraţie numită de astronomi „protostea".

Se presupune că, în acel moment, Protosoarele care strălucea vizibil pentru prima dată a dezvoltat o mişcare de rotaţie marcantă care a determinat o creştere a vitezei de rotaţie a gazelor din apropiere. Această rotaţie a aplatizat gazele şi praful formând un disc imens care avea un diametru cuprins între 100 şi 200 UA cunoscut sub numele de Nebuloasă Solară. Această nebuloasă a constituit materia primă din care s-au format ulterior planetele Sistemului Solar (Fig. 302) [1], [59].

Mecanismul formării planetelor este şi în prezent un subiect mult disputat între astrofizicieni. Există însă o serie de ipoteze care converg spre materia primă a nebuloasei solare care era constituită din molecule de apă, amoniac şi metan, apărute ca urmare a asocierii de gaze ca hidrogen, heliu, carbon şi oxigen. Pe lângă aceste molecule mai existau atomi de siliciu şi atomi ai diferitelor metale, printre care cel mai important era fierul [2].

În apropierea Protosoarelui temperaturile erau de cca. 2000°C şi în aceste condiţii puteau să condenseze doar materialele foarte dense precum fierul. Prin urmare, particulele care se formau în acea zonă aveau o concentraţie mare de fier. La o distanţă mai mare de Protosoare, unde temperaturile erau mai scăzute, particulele de silicat se concentrau şi formau bucăţi de rocă iar la distanţe şi mai mari, unde temperaturile ajungeau să fie mai mici de -70°C, erau condiţii pentru condesarea apei cu formare de gheaţă [17].

Ca urmare a acestor procese de condensare, multe particule au ramas unite, probabil din cauza fortelor electrostatice, transformând nebuloasa solară într-o aglomerare de fragmente de rocă şi metal iar la distanţă mai mare, de rocă şi gheaţă.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

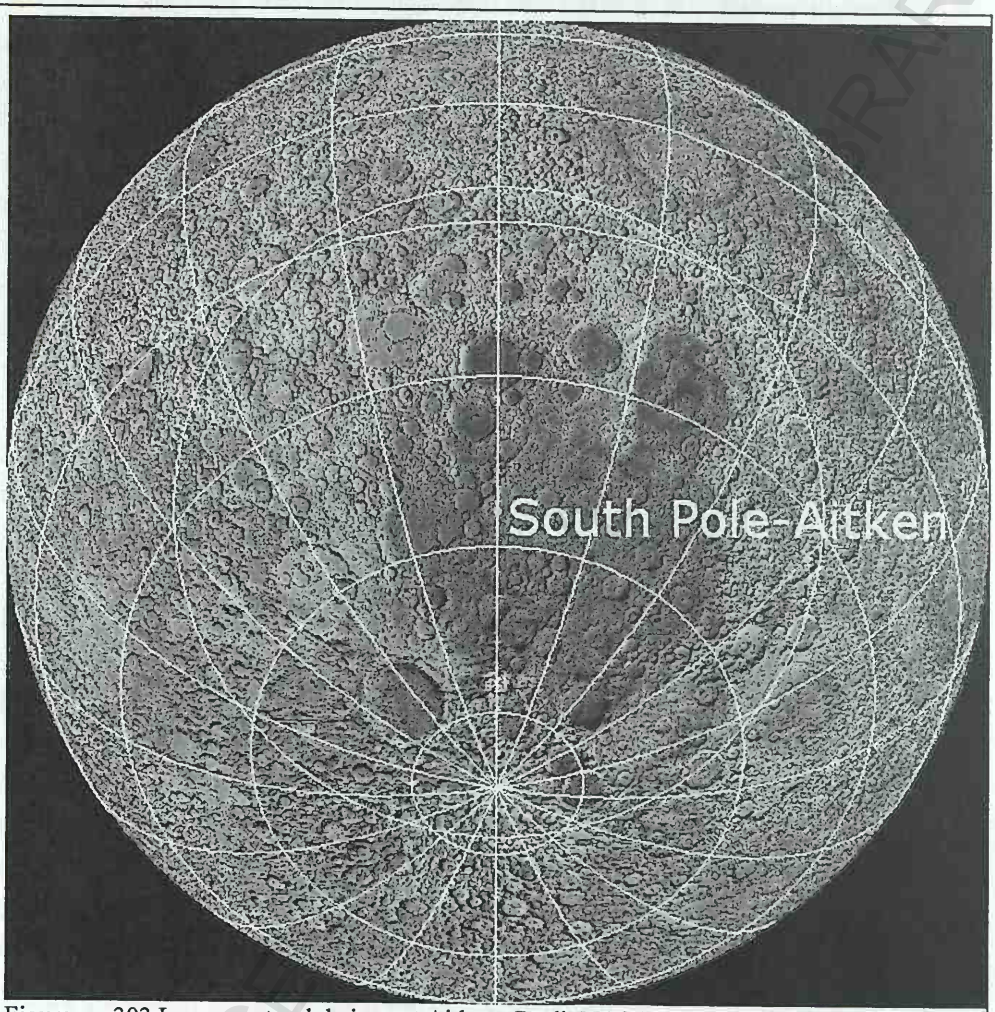

Figura nr. 303 Luna - craterul de impact Aitken. Credit NASA

Treptat, prin coliziunile crescânde, marea majoritate a acestor prime fragmente au fost deviate înspre mijlocul planului discului. Cu fragmetele deja concentrate într-un plan subțire, rata de coliziune si de aglomerare în disc a crescut foarte mult formând protoplanetele.

Conform unor ipoteze, planetele Sistemului Solar sau format pe parcursul a cca. 100 mil. ani. Primele planete care s-au format au fost Jupiter și Saturn care au reușit să atragă spre ele o bună parte din hidrogenul și heliul ce formau nebuloasa solară. Au urmat planetele Uranus și Neptun care, datorită

reducerii cantității de gaze din nebuloasa solară, nu au mai reușit să crească la fel de mult ca primele două fiind constituite în mare parte din rocă și gheață. Simultan cu formarea celor patru planete s-au format și sateliții naturali ai acestora. Primii sateliți au fost cei ai lui Jupiter urmați de cei ai lui Saturn, ai lui Uranus și Neptun. În același timp s-au format planetele pitice din centura Kuiper și corpurile cosmice de tipul asteroizilor și cometelor din centura Kuiper și norul Oort [2], [59], [68].

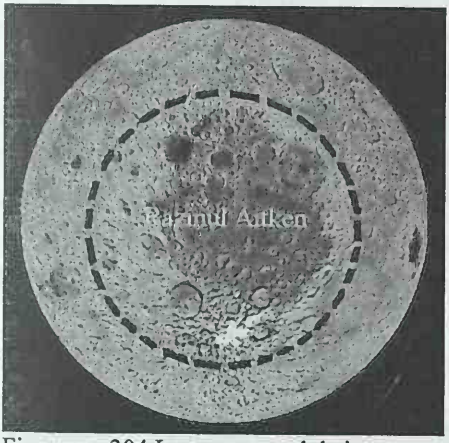

Figura nr. 304 Luna - craterul de impact Aitken. Credit NASA

În ultima fază s-a definitivat și formarea planetelor telurice. Cantitățile de rocă și metal au fost mult mai puțin abundente decât materialele care au intrat în componența planetelor majore astfel încât procesul de formare a durat mai mult. După aproximativ 100 mil ani planetele telurice Mercur, Venus, Pământ și Marte au ajuns la dimensiunile cunoscute în prezent.

La fel ca și în cazul planetelor gazoase, planetele telurice au atras în procesul de formare și o serie de gaze prezente în nebuloasa solară însă, datorită atracției gravitaționale mai reduse și apropierii de Soare, vântul solar a reușit să disperseze în spațiu o bună parte a atmosferelor lor primare. Ulterior, pe măsură ce planetele telurice au început să se răcească, printr-un proces de degazare, a început un nou proces de formare a atmosferelor. Pe parcursul a sute de milioane de ani planetele sub formă de bulgări fierbinți de rocă au început să elibereze gazele prinse în interiorul rocilor [1]. Au fost eliberate în atmosferă gaze precum dioxidul de carbon, monoxidul de carbon, azot și vapori de apă. O contribuție importantă la formarea atmosferelor au adus-o asteroizii și cometele care au adăugat un conținut signifiant de apă atmosferelor planetelor, și chiar au contribuit la formarea oceanelor pe Pământ [17].

Atmosferele secundare erau complet formate la câteva sute de milioane de ani de la formarea planetelor în timp ce acestea încă sufereau un bombardament susținut. Ca urmare a bombardamentului masiv se presupune că

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

planeta Marte a pierdut cca. 99% din atmosfera sa secundară, care a fost aruncată în spaţiu. Din cauza mărimii reduse nici Mercur nu au putut să reţină atmosfera secundară, deoarece nu avea o gravitaţie suficient de mare pentru a păstra măcar gazele lente şi grele. În prezent atmosfera lui Venus este de 100 de ori mai substanţială decât a Pământului care, în schimb, este de 100 de ori mai substanţială decât cea a lui Marte [1], [2].

Din analiza craterelor de impact existente pe planetele telurice și Lună s-a ajuns la concluzia că a axistat un bombardament masiv al acestor planete care s-a desfășurat pe parcursul primilor 600 milioane de ani de la formare (Fig. 303, 304). Cel mai mare crater de impact cunoscut în Sistemul Solar este considerat a fi bazinul Aitken de pe Lună care are 2500 km în diametru. Dar pe lângă acest crater uriaș, pe Lună dar și pe suprafețele planetelor telurice, există mii de alte cratere de impact.

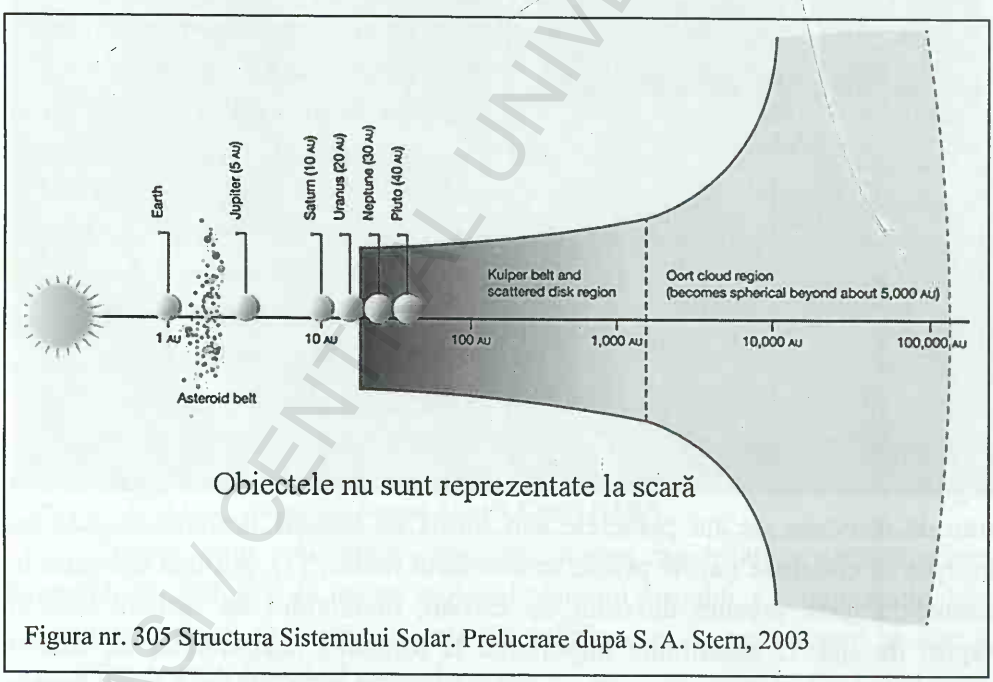

Figura nr. 305 Structura Sistemului Solar. Prelucrare după S. A. Stern, 2003

Perioada bombardamentului masiv se consideră că s-a încheiat acum cca. 3,3 mld ani când numărul de asteroizi cu potențial de coliziune s-a diminuat foarte mult fiind deja încorporați în planetele existente. Ulterior

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

acestei perioade, rata formării craterelor de impact s-a redus cu până la 40 – 50 ori, acestea continuând să se formeze și în prezent.

Cu siguranță că în ultimii 3,3 mld de ani Sistemul Solar a continuat să se transforme însă ipotezele prezentate consideră că cele mai ample transformări ale acestuia au avut loc în primii 1,4 mld ani. Prin urmare, datorită modului de formare, structura actuală a Sistemului Solar este compusă din cinci zone diferite: zona planetelor telurice (Mercur, Venus, Pământ, Marte), zona asteroizilor (situată între Marte și Jupiter), zona planetelor gigant (Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun), zona centurii Kuiper (obiecte transneptuniene) și zona norului Oort (comete de perioadă lungă), (Fig. 305) [34], [68].

3.1.Soarele

Soarele este corpul cosmic central și sursa principală de energie din

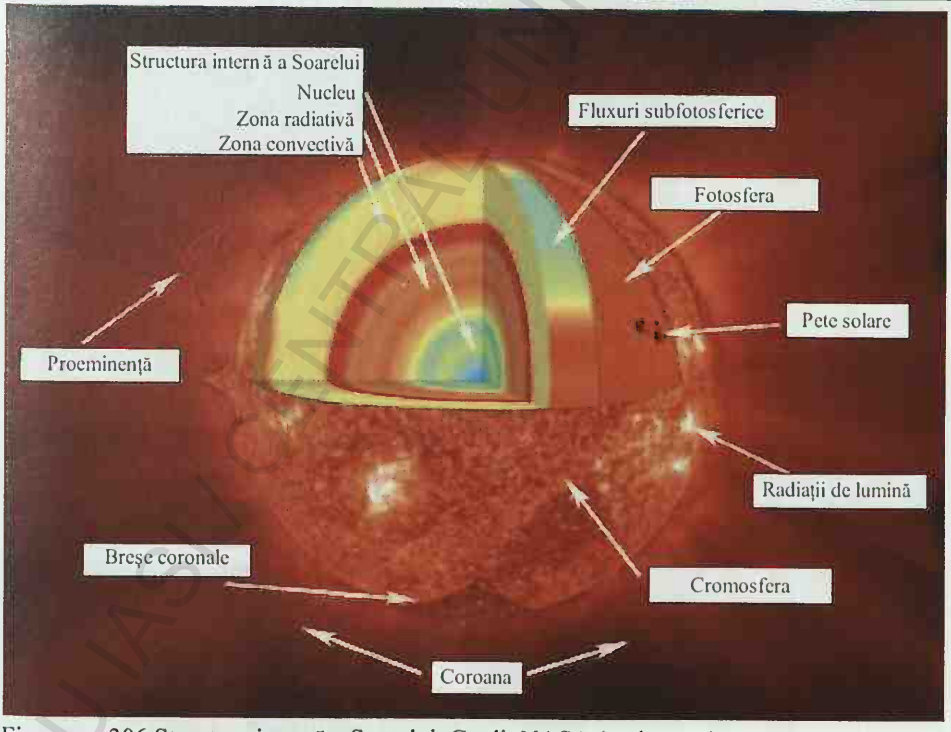

Figura nr. 306 Structura internă a Soarelui. Credit NASA (prelucrare)

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Sistemul Solar. Este un astru sub forma unei sfere masive de gaze explozive a cărui masă deține 99,8% din masa întregului Sistem Solar. Aceasta explică uriașa forță de atracție, respectiv de gravitație, asupra tuturor corpurilor aflate pe o rază de cca. 7500 miliarde de km.

După standardele galactice, steaua noastră este de-a dreptul neînsemnată însă, este atât de uriașă, încât un milion de planete de dimensiunea Pământului ar încăpea confortabil înăuntrul său și este atât de densă, încât razele de soare au nevoie de sute de mii de ani pentru a-și croi drum până la strălucitoarea fotosferă. Soarele este o stea de tip *G2-V* și face parte din categoria stelară generică a „piticelor galbene", un tip atât de comun, încât există miliarde de stele la fel numai în Calea Lactee [29].

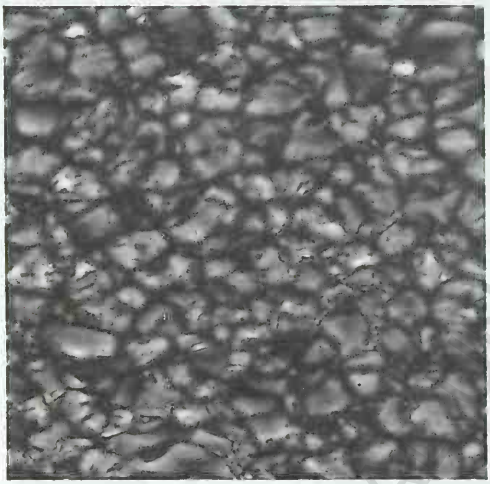

Figura nr. 307 Granulele fotosferei. Credit NASA

Soarele se află poziționat pe un braț de spirală numit Orion la o distanță de 8,5 kiloparseci (27710 ani lumină) de centrul galaxiei Calea Lactee. Zona în care se află Soarele, departe de regiunile dense unde se formează stele, se numește *zona habitabilă*. Această zonă se află îndeajuns de aproape de centrul galactic, unde există elemente chimice grele, din care se formează planetele telurice dar, în același timp, se află destul de departe de regiunile bogate în stele și nebuloase, unde pot exista găuri negre și unde se pot forma supernove. Simpla trecere a unei stele pe lângă Soare ar arunca

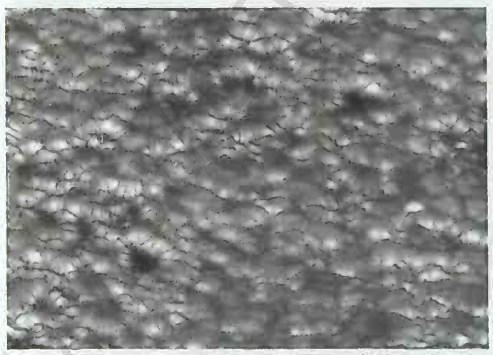

Figura nr. 308 Granulele fotosferei. Credit NASA

planetele Sistemului Solar în spatiu.

Se estimează că în cadrul galaxiei noastre există aproximativ 1000 mld de stele iar multe dintre acestea pot fi înconjurate de planete la fel ca în Sistemul Solar. În ultimii ani analizele spectroscopice ale unor stele din apropierea Soarelui au identificat o serie de planete care gravitează în jurul acestora.

Soarele are pentru societatea umană o importanță deosebită, deoarece se află la originea tuturor formelor de viață de pe Pământ. Distanța medie dintre Pământ și Soare reprezintă o unitate astronomică (UA) și este de 149.597.870 km. Călătoria luminii de la Soare până pe Terra are o durată de 8 minute. Diametrul Soarelui este de 1.391.980km iar masa acestuia este de 1,989 x 10^{30} kg (MS). Compoziția chimică este constituită din 70,7% din masă H, 27,4% din masă He și 1,9% din masă, elemente mai grele (C , N, O, Ne, Mg, Si, S, Fe) [34].

Cunoștințele actuale care vizează structura internă a Soarelui se bazează pe o serie de modele teoretice. Aceste modele au evoluat în timp pe măsura perfecționării tehnicilor de investigație spațială dar și a noilor descoperiri ce au vizat particulele subatomice.

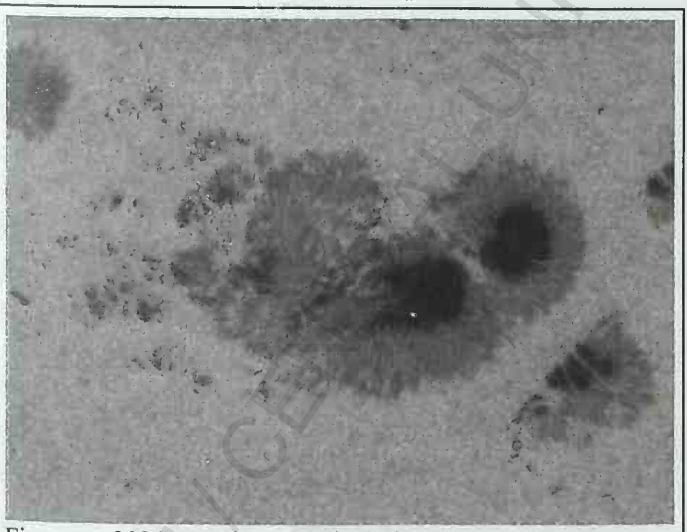

Figura nr. 309 Pete solare. Credit NASA

Modelele actuale se bazează pe trei direcții de abordare respectiv:

1) Abordare cantitativă (vârstă, diametru, luminozitate, producția totală de energie etc);
2) Analiza oscilațiilor (helioseismologie);
3) Analiza fluxului de neutrini (metodă dezvoltată după anul 2000);

BCU IASI CENTRALA UNIVERSITARA

Structura internă a Soarelui este una stratificată având în centru un *nucleu* cu un diametru de 27 ori mai mare decât diametrul Pământului (Fig. 306). Temperatura sa este de cca 15.000.000°C [14]. Urmează *zona radiativă* (sau învelişul de transport radiativ) unde energia este transportantă prin difuzie radiativă. Aici fotonii cu radiaţie X - dură sunt împrăştiaţi, absorbiţi şi reemişi. Cea de-a treia zonă, situată deasupra zonei radiative, se numeşte *zona convectivă* unde energia se transportă prin convecţie spre suprafaţa Soarelui. Ajunşi la suprafaţă, fotonii, ai căror energie a fost diminuată de 100.000 de ori, părăsesc Soarele sub forma undelor optice după ce au parcurs distanţa de

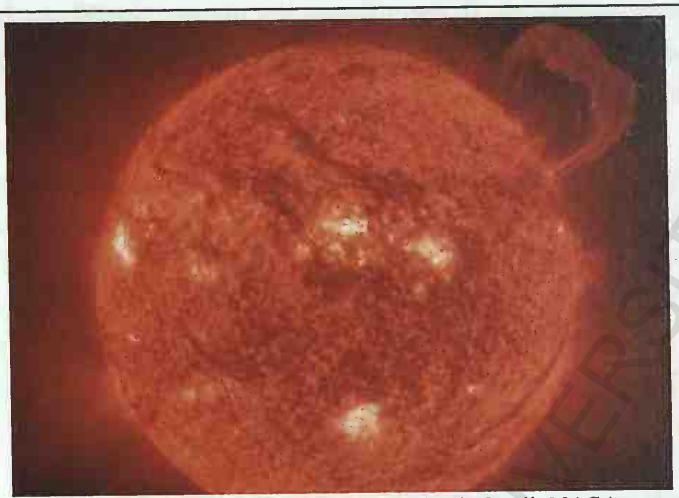

Figura nr. 310 Facule la nivelul cromosferei. Credit NASA

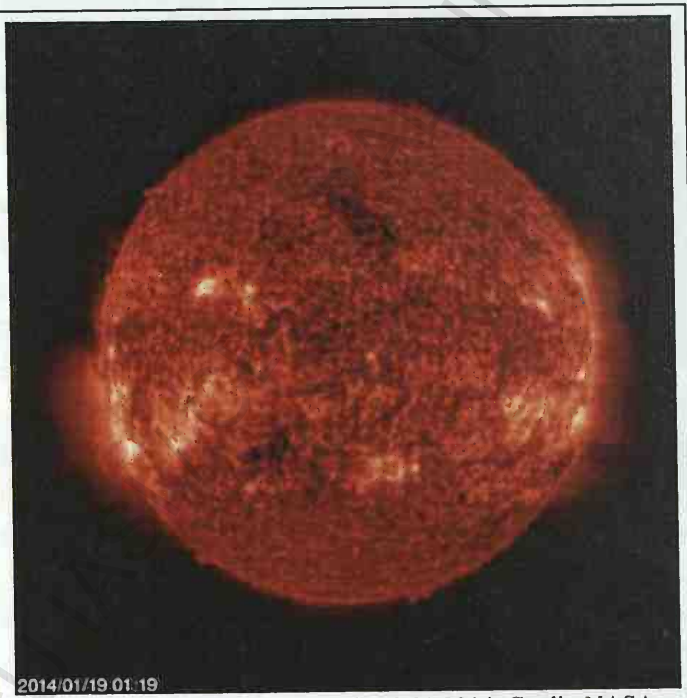

Figura nr. 311 Fotosfera în data de 19 01 2014. Credit: NASA

la nucleu la fotosferă într-o perioadă de 100.000 până la 1.000.000 ani [22].

Radiațiile emise de Soare acoperă un spectru extrem de larg acoperind toate lungimile de undă: raze gamma, raze X -dure, raze X -moi, ultraviolete extreme (EUV), ultraviolete, lumină albă, infraroșii, unde radio etc.

În cadrul nucleului, sursa energiei este fuziunea nucleară realizată la temperaturi și presiuni uriașe, proces prin care nucleele de hidrogen ajung să se unească printr-o reacție în lanț formând heliu. Rezultatul net este acela că din patru atomi de hidrogen prin fuziune se produce un singur atom de heliu. Deoarece un atom de hidrogen are o greutate de 1.0078 unități atomice de masă iar un singur atom de heliu cântărește 4.0026 unități atomice de masă, la conversia celor patru atomi de hidrogen într-un atom de heliu rezultă un randament de 0.0294 unități de masă, care sunt convertite în energie sub formă de radiație gamma și neutrini.

În cazul Soarelui, se consideră că trecerea de la zona convectivă la fotosferă este marcată de o scădere drastică a densității materiei astfel încât se consideră că este zona de trecere de la interiorul Soarelui la atmosfera acestuia. Deci, proprietățile fizice sunt mult diferite în atmosfera Soarelui decât în straturile Soarelui aflate sub fotosferă.

Atmosfera Soarelui se compune dintr-un ansamblu de trei straturi externe, direct observabile de pe Terra. Este constituită din *fotosferă*, *cromosferă* și *coroana solară*. Temperatura scade în interiorul Soarelui de la 15.000.000°C în nucleu, la cca. 5500°C în fotosferă. Din fotosferă spre exterior temperatura începe să crească ajungând la 7700°C în cromosferă și la cca. 1.000.000°C în coroana solară. Conform unor teorii coroana solară curge spre exterior cu viteze de cca. 400 km/s ajungând dincolo de planetele Sistemului Solar. Acest flux corpuscular permanent se numește vânt solar și se lovește continu de Pământ, fiind insesizabil de om deoarece forțele magnetice ale Terrei îl abat și-i absorb energia. Când particulele sunt captate de cei doi poli ai Pământului se creează o manifestare luminoasă cunoscută sub numele de aurora polară.

Fotosfera este adesea menționată ca fiind "suprafața" Soarelui. Fotosfera nu este o suprafață solidă (cum ar fi pământul de sub picioarele noastre) dar, deoarece nu există posibilitatea observării stratelor interioare ale

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Soarelui se poate spune că fotosfera este "suprafața vizibilă" a Soarelui (Fig. 311) [22] .

Fotosfera reprezintă stratul inferior al atmosferei solare în care pătrund fotonii ce reușesc să treacă de zona convectivă a interiorului solar. Agitația creeată de aceste particule lasă impresia că fotosfera clocotește. Fotosfera este cunoscută prin două caracteristici: prima este dată de granulația de tip "bob de orez" iar cea de-a doua este dată de prezența unor zone întunecate (pete solare) (Fig. 307, 308). Granulația este dată de celulele de convecție care transportă energie din stratul inferior iar zonele întunecate reprezintă sectoare unde temperatura scade foarte mult în comparație cu zonele învecinate [14].

Granulele (celulele de convecție) au diametre de cca. 1500 km și o durată medie de viață de cca. 25 minute, timp în care gazul fierbinte se ridică din acestea cu o viteză de aproximativ 300 metri/secundă. Ulterior, aceste celule dispar pur și simplu sau explodează pentru a forma așa numitele inele de granulație. Asociate granulelor sunt și petele luminoase numite facule care apar la interfața dintre suprafețele granulelor și câmpul magnetic de la limita acestora.

Pe Soare, câmpul magnetic determină, practic, totul. Steaua noastră posedă un câmp magnetic principal, cu poli magnetici diametral opuși, care pare a fi generat de mișcarea internă a plasmei. Este nevoie de circa 26 de zile ca fotosfera vizibilă și zona de convecție de sub ea să facă o mișcare de rotație completă la nivelul ecuatorului, cu o viteză de cca 7.150 km/h. La poli au nevoie însă de circa 36 de zile, deoarece viteza este mai redusă (875 km/h). Mișcarea internă de forfecare întinde și

Figura nr. 312 Coroana Solară. Credit NASA

răsucește liniile nord-sud ale câmpului magnetic, înfășurându-le în jurul Soarelui. Aceasta le crește energia, așa cum întinderea unei fâșii de cauciuc acumulează energie în ea. Uneori, această acțiune dă naștere unor puternice mănunchiuri de linii de câmp, cu destulă forță ascensională ca să se ridice. Ele ies în fotosferă, sub forma buclelor, protuberanțelor sau a acelor enigmatice semne ale activității solare numite „pete" [22].

Petele solare reprezintă zonele cu cele mai puternice câmpuri electromagnetice, motiv pentru care pot fi considerate buni indicatori ai activității solare (Fig.309). Apar ca zone întunecate pe suprafața fotosferei cu diametre cuprinse între 3500 și 50000 km. Temperaturile în centrele întunecate pot să scadă până la 3500°C (față de 5500°C pentru fotosfera înconjurătoare). Durata de manifestare a acestora este cuprinsă între câteva zile și câteva saptămâni și reprezintă centre în care intensitatea câmpului magnetic este de mii de ori mai mare decât câmpul magnetic al Pământului. Petele solare apar de obicei în grupuri de câte două seturi de puncte. Un set va avea domeniu pozitiv sau nord magnetic iar celălalt set va avea domeniu negativ sau sud magnetic. Se consideră că în perioada de maximă activitate a petelor solare luminozitatea Soarelui este redusă cu aproximativ 0,15%, astfel încât efectele asupra climei Pământului sunt neglijabile. Totuși, în astfel de perioade cresc foarte mult emisiile de radiații ultraviolete extreme (EUV) care afecteză ionosfera Pământului având un impact major asupra unor parametrii climatici [22]. Variația petelor solare constituie activitatea solară care are o periodicitate cu

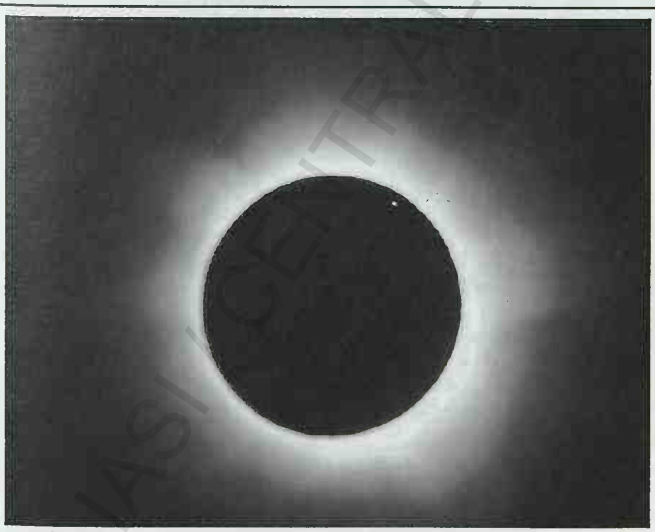

Figura nr. 313 Coroana Solară. Credit NASA

durata medie de 11 ani şi se manifestă pe fondul unor cicluri de 22 ani, 90 ani şi chiar 400 ani [66].

Cromosfera reprezintă cel mai subţire strat din atmosfera solară având aproximativ 2000 km grosime. Se găseşte la partea superioară a fotosferei iar energia solară care provine din centrul Soarelui traversează această zonă.

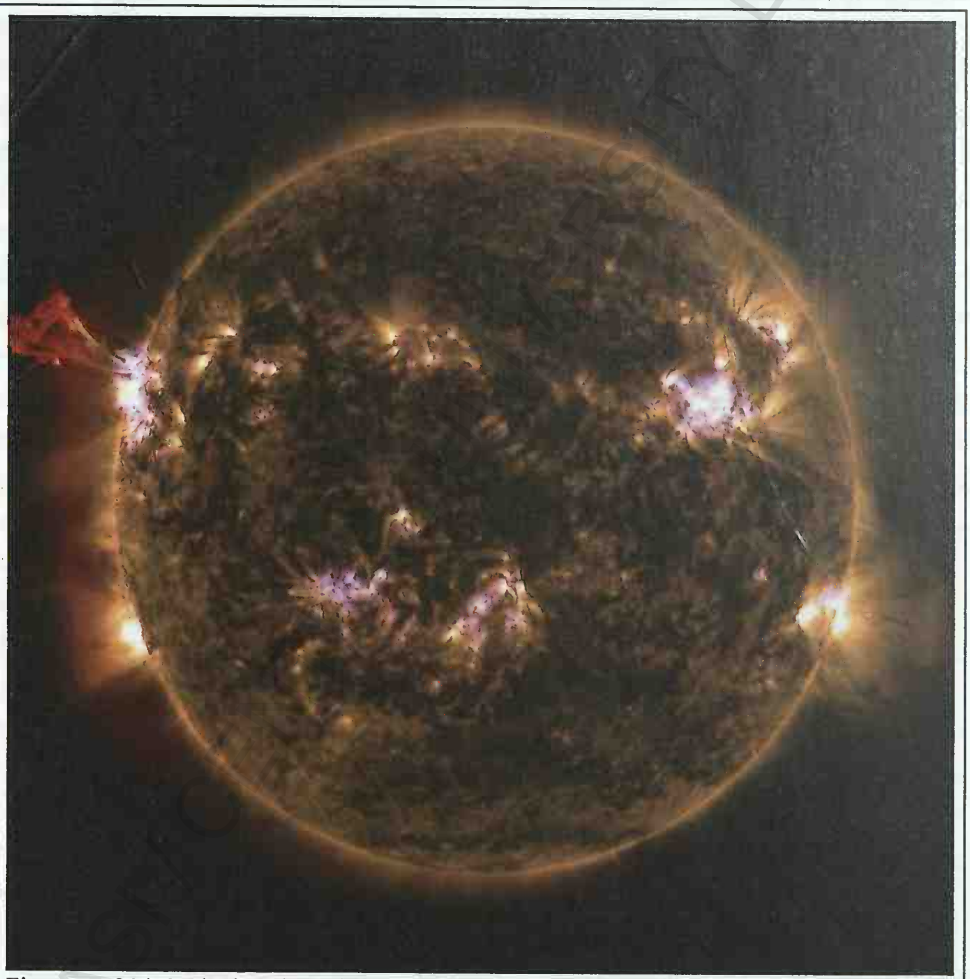

Figura nr. 314 Explozia solară din 3 mai 2013. Credit NASA

Faculele erupţiilor care provin din fotosferă se ridică în cromosferă (Fig. 310). Faculele sunt nori de hidrogen, strălucitori şi luminoşi, care se ridică deasupra.

BCU LIBRARY

Coroana se află la partea superioară a atmosferei solare, în această regiune apar vizibile protuberanţele (erupţii luminoase sub forma unor limbi de flăcări), (Fig. 312, 313). Reprezintă nori de gaze de mari dimensiuni care erup din cromosferă. Partea exterioară a coroanei solare se întinde departe în spaţiu şi este constituită din particule care se îndepărtează lent de Soare. Coroana este vizibilă numai în timpul eclipselor totale de soare şi se prezintă sub forma unui halou alburiu. Este compusă din gaz foarte rarefiat, extrem de cald şi ionizat.

Cu toate că aproape orice se întâmplă în sau pe Soare ne afectează planeta, două tipuri de evenimente solare explozive îi afectează cel mai mult pe pământeni.

Primul eveniment este *explozia solară*, în care o mică zonă din suprafaţa Soarelui explodează la zeci de milioane de grade, aruncând un val de radiaţii care, pe Terra, poate întrerupe comunicaţiile, poate scoate din funcţiune sateliţii şi, teoretic, poate ucide un astronaut ieşit în spaţiu.

Exploziile solare sunt percepute ca variaţii bruşte şi intense ale strălucirii Soarelui (Fig. 314). Exploziile solare pot produce cele mai puternice acceleratoare de particule din sistemul solar. Energia eliberată echivalează cu milioane de bombe cu hidrogen de 100 megatone care explodează simultan într-un interval de timp cuprins între 10 şi 1000 de secunde. Radiaţia emisă cu această ocazie se întinde pe întreg spectrul electromagnetic, de la undele radio cu cea mai mare lungime de undă şi până la emisii de raze X şi gamma cu cea mai scurtă lungime de undă. Exploziile degajă o mare parte din energia lor sub formă de raze X şi sunt generate - se presupune - atunci când curenţii electrici sunt eliberaţi brusc, în momentul în care una sau mai multe bucle ale câmpului magnetic din coroană sunt întinse până la punctul de rupere şi plesnesc, rezultând o nouă formă [14].

Energia eliberată în timpul exploziilor solare este de 10 milioane de ori mai mare decât energia eliberată de explozia unui vulcan. Pe de altă parte, această energie este mai mică decât o zecime din energia totală emisă de Soare în fiecare secundă.

În interiorul unei explozii solare, temperatura poate să atingă între 10 şi 100 milioane grade celsius. Exploziile se concentrează în zona ecuatorului solar, sub formă de bucle care par a fi conectate cu zonele cu puternice câmpuri magnetice denumite regiuni active.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Frecvenţa exploziilor solare coincide cu ciclul solar de 11 ani. Când ciclul solar este la minimum, regiunile active sunt mici şi rare şi apar puţine explozii solare. Acestea cresc numeric cu cât Soarele se apropie de perioada de maxim a ciclului, cum s-a întâmplat în mai 2013 (Fig.314) [66].

Radiaţiile produse în timpul exploziilor solare sunt periculoase pentru organismele vii care sunt totuși protejate de atmosfera și câmpul magnetic al Pământului.

Radiaţiile X din exploziile solare sunt stopate de atmosferă mult deasupra suprafeţei Pământului. Ele afectează totuşi ionosfera Pământului care, la rândul ei, distorsionează comunicaţiile radio afectând precizia măsurătorilor GPS. De asemenea s-a constatat că prin acțiunea termică asupra atmosferei terestre, sateliții artificiali ai Pământului sunt afectați prin scurtarea duratei de funcționare.

Al doilea eveniment de pe Soare care afectează Terra este *ejecţia de masă coronariană* (CME), asociată de obicei cu exploziile solare fiind mai frecventă în perioada fazei active a ciclului de 11 ani al Soarelui. În timpul acestui proces miliarde de tone de particule ionizate erup din haloul solar, cu viteze de milioane de kilometri pe oră.

Ejecțiile de masă coronariană influențează semnificativ activitățile economice de pe Terra deoarece materialul eliminat ocupă un volum mai mare al spațiului interplanetar crescând probabilitatea interacțiunii cu Pământul. În aceste condiții ejecția de masă coronariană constituie, pentru Terra, un pericol mai mare decât explozia solară [22].

Perioada de propagare a undei de șoc pe distanța dintre Soare și Pământ este cuprinsă între 3 și 5 zile astfel încât supravegherea continuă a manifestărilor Solare poate să inducă o atenționare timpurie asupra producerii furtunilor geomagnetice.

Furtunile geomagnetice se produc atunci când aceşti nori monstruoşi izbesc magnetosfera protectoare a Pământului, turtesc liniile câmpului magnetic şi aruncă o putere de mii de miliarde de waţi în atmosfera superioară a Terrei. Aceasta poate supraîncărca liniile electrice, cauzând masive pene de curent, şi poate distruge instrumentele de pe orbita Pământului. Un exemplu tipic este cel din anul 1989, când o violentă ejecţie de masă coronariană a lovit Pământul, aceasta a distrus reţeaua electrică HydroQuebec din Canada

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

(afectând transformatoarele și stațiile electrice), lăsând aproape 7 milioane de oameni fără curent electric și cauzând pagube de mai multe milioane de dolari.

Un alt impact al ejecției de masă coronariană este legat de sateliții de comunicații ai Pământului. Aceștia pot înregistra o serie de avarii cauzate de particulele de mare energie care tranzitează satelitul. În stadiul actual al cunoașterii acestui fenomen nu se poate anticipa când și unde poate fi distrus un satelit în timpul furtunilor geomagnetice.

Impactul social al acestor manifestări începe să fie din ce în ce mai important pe măsură ce societatea umană utilizează la scară globală sateliții de comunicații și poate avea accente dramatice atunci când milioane de oameni rămân în imposibilitatea utilizării energiei electrice. Pe măsură ce programele de cercetări spațiale cu echipaj uman vor fi tot mai numeroase astronauții vor trebuii să fie atenți la expunerile cumulative din timpul ieșirilor în spațiu. În prezent NASA apreciază că astronauții de pe stațiile spațiale nu sunt în pericol imminent deoarece orbitele misiunilor sunt relativ joase [66].

3.2.Sfârșitul Sistemului Solar

Privit la scara timpului biologic Sistemul Solar pare a fi etern însă având în vedere faptul că în prezent Soarele transformă în fiecare secundă aproximativ 600 milioane de tone de hidrogen în heliu se poate anticipa faptul că peste câteva miliarde de ani hidrogenul se va consuma în totalitate.

Teoriile cu privire la evoluția Soarelui nu sunt unitare, astfel că există cercetători care consideră că perioada principală a vieții Soarelui este cuprinsă între 9 si 10 miliarde de ani în timp ce alții consideră că o perioadă de 13 miliarde de ani ar fi mai acceptabilă.

Având în vedere aceste ipoteze se poate considera că Soarele, care are cca. 4,6 mld de ani, se află în prezent foarte aproape de jumătatea existenței sale.

Prin transformarea hidrogenului în heliu diametrul și luminozitatea Soarelui cresc. Peste 1 miliard de ani luminozitatea Soarelui va fi cu cca. 10% mai mare decât în prezent. Pentru planetele cele mai apropiate de Soare această schimbare va fi extrem de importantă. Temperatura medie de pe Terra va crește foarte mult cauzând topirea calotelor glaciare și încălzirea accentuată a

BCU "ASTRA" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

oceanului planetar. Se consideră că atunci când Soarele va avea 6 mld de ani temperatura medie a Pământului va fi cu zeci de grade mai ridicată decât cea actuală oceanele fiind singura speranță de supraviețuire pentru orice formă de viață.

Soarele va continua să-și crească luminozitatea astfel încât la vârsta de 8 mld de ani aceasta va fi cu 40% mai mare decât în prezent. Oceanele vor începe să dispară, cantitatea de dioxid de carbon va crește în atmosferă amplificând efectul de seră iar Pământul va deveni uscat, cu temperatura suprafeței de sute de grade la fel ca planeta Venus în prezent. În acest stadiu viața de pe Terra va mai rezista doar prin câteva tipuri de bacterii.

Se estimează că atunci când vârsta Soarelui va fi cuprinsă între 10,5 și 11 mld de ani cantitatea de hidrogen va fi minimă, acesta rămânând fără combustibil. În acest stadiu Soarele va trece printr-o criză când suprafața sa se va răci la aproximativ 4900°C. Energia produsă va fi reținută în interiorul său până ce presiunea rezultată va determina mărirea diametrului de 160 ori față cel actual. Soarele se va trasforma într-un gigant roșu care va fi de 2000 de ori mai luminos decât în perioada actuală.

Conform unor modele teoretice Soarele, ajuns la stadiul de gigantă roșie, va înghiți planetele telurice din Sistemul Solar interior și va fi activ până ce întreaga cantitate de hidrogen va fi consumată. Ulterior, sub efectul propriei gravitații, Soarele se va răci și se va transforma într-o pitică albă fenomen ce va duce la dispariția Sistemului Solar.

Legat de evoluția stelelor la modul general și de evoluția Sistemului Solar în mod particular, deosebit de interesante sunt modelele teoretice care încearcă să explice originea elementelor. Astfel, se consideră că hidrogenul și heliul sunt elemente formate în timpul Big bangului. Ulterior, prin reacțiile de fuziune nucleară ce au loc în nucleele stelelor se pot forma elemente mai grele a căror masă atomică ajunge până la ^{56}Fe și ^{59}Ni. În stadiul de gigantă roșie stelele pot forma elemente mai grele ale căror masă atomică ajunge până la 209 iar elementele cu masă atomică mai mare (cum ar fi bismut ^{209}Bi , radiu ^{226}Ra, toriu ^{232}Th, uraniu ^{238}U) care poate ajunge până la 266 sau chiar mai mare s-au format în urma unor explozii de tip supernovă.

Cunoscând faptul că organismul uman conține elemente chimice ce aparțin tuturor acestor categorii putem afirma că trupurile noastre la fel ca și

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

celelalte corpuri din Sistemul Solar sunt realizate dintr-un amestec de material din universul primordial, din nucleele stelelor şi din exploziile stelelor.

4.Planetele majore ale Sistemului Solar cu excepţia Terrei

4.1.Mercur

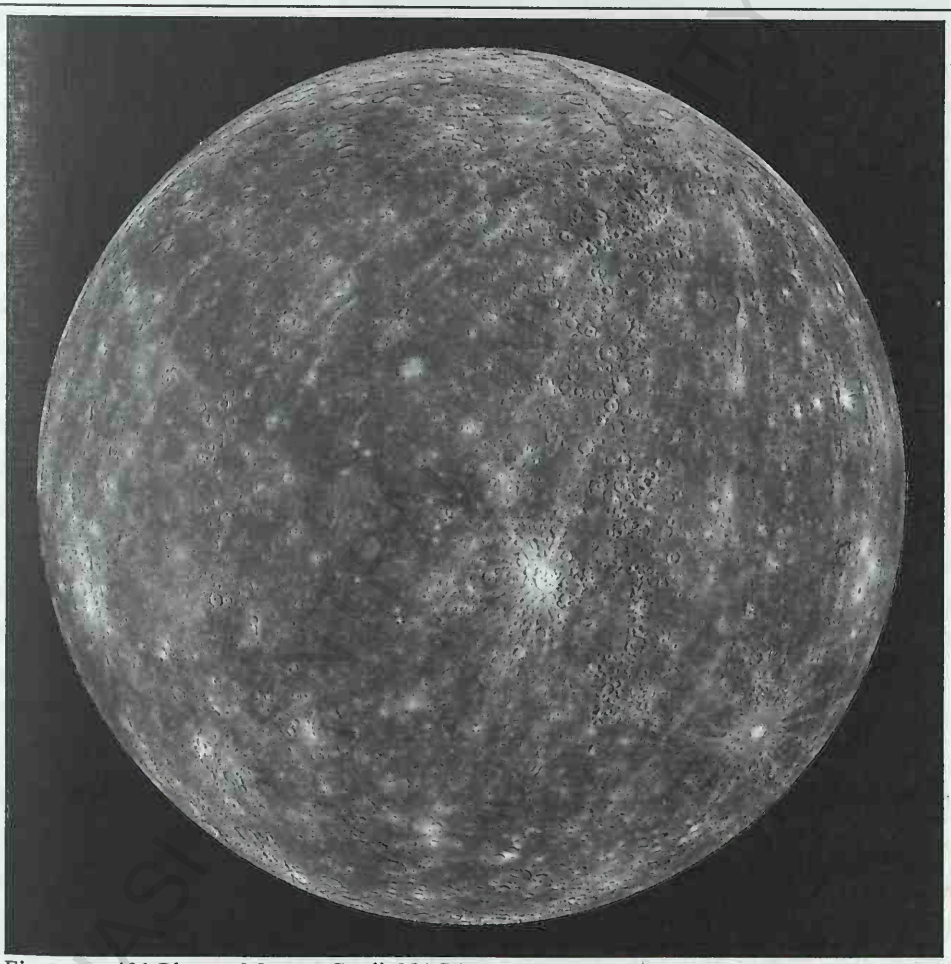

Figura nr. 401 Planeta Mercur. Credit NASA

Mercur este o planetă care în prezent este foarte puţin cunoscută deşi se află mai aproape de Terra decât multe alte planete (Fig.401). Faptul că este o

planetă cu dimensiuni reduse care orbitează Soarele în imediata sa apropiere a făcut ca observaţiile efectuate cu ajutorul telescoapelor să fie extrem de anevoioase deoarece radiaţia solară afectează foarte puternic lentilele acestora. O serie de imagini cu rezoluţie foarte bună au fost obţinute cu ajutorul sondei spaţiale ce a vizitat această planetă în anul 1973 (Mariner 10). Sonda a fotografiat 45% din surprafaţa planetei. A fost prima sondă ce s-a folosit de gravitaţia unei planete pentru a ajunge la o altă planetă, trecând pe lângă Venus, de la care a prins viteză pentru a ajunge la Mercur. O altă sondă, denumită Messenger, a fost trimisă spre această planetă în anul 2004 şi a ajuns pe orbita planetei Mercur în data de 18 martie 2011. Aceasta a început un intens proces de cartografiere şi analiză a suprafeţei planetei. Informaţiile obţinute prin intermediul acestei sonde le-au permis cercetătorilor de la NASA, să afle noi indicii referitoare la compoziţia chimică a planetei stâncoase şi a istoriei sale geologice. Componentele de pe planetă, au fost analizate de spectrometrul cu raze X – XRS, care a dezvăluit în rocile de la suprafaţa lui Mercur combinaţii de magneziu, siliciu, calciu, precum şi existenţa unor mari cantităţi de sulf [14], [38].

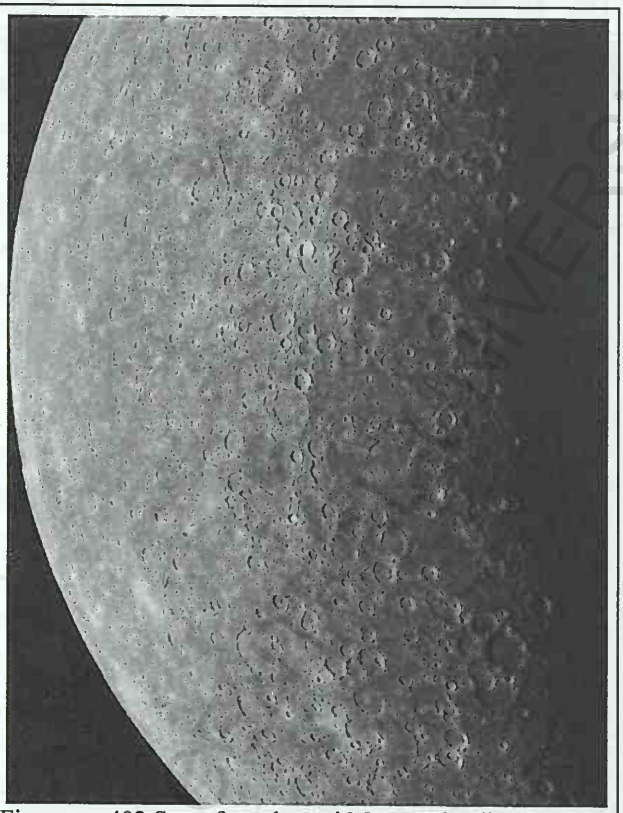

Figura nr. 402 Suprafaţa planetei Mercur. Credit NASA

Realizarea hărţilor topografice şi ale câmpului magnetic al planetei a prilejuit dezvăluirea unor procese de o dinamică suprinzătoare care au loc în zonă. Specialiştii consideră că exploziile particulelor energetice din

magnetosfera lui Mercur sunt datorate procesului de interacţiune a câmpului său magnetic cu vântul solar. După decizia de trecere a planetei Pluto în categoria planetelor pitice, Mercur a rămas cea mai mică planetă din Sistemul Solar având un diametru ecuatorial de 4880 km [22].

Mercur este planeta cea mai apropiată de Soare, rotindu-se în jurul lui pe o orbită eliptică ce o aduce la o distanţă medie de 58 milioane km de acesta. De pe Mercur, Soarele se vede de trei ori mai mare decât de pe Pământ. Distanţa faţă de Soare la periheliu este de 46 milioane km în timp ce distanţa la afeliu este de 70 milioane km. Mişcarea de revoluţie a planetei Mercur (anul pe Mercur) se realizează în 88 de zile terestre, având o viteză medie de deplasare pe orbită de 48 km/s, cea mai mare viteză dintre toate planetele Sistemului Solar. În ceea ce priveşte rotaţia în jurul propriei axe (ziua mercuriană), aceasta este foarte lentă desfăşurându-se pe parcursul a 59 de zile terestre. Această planetă are o densitate medie de 5,43g/cm^3 fiind a doua ca mărime din Sistemul Solar după Pământ (5,51 g/cm^3). Intensitatea câmpului magnetic al planetei este de doar 0,1% din cea a Pamântului [22].

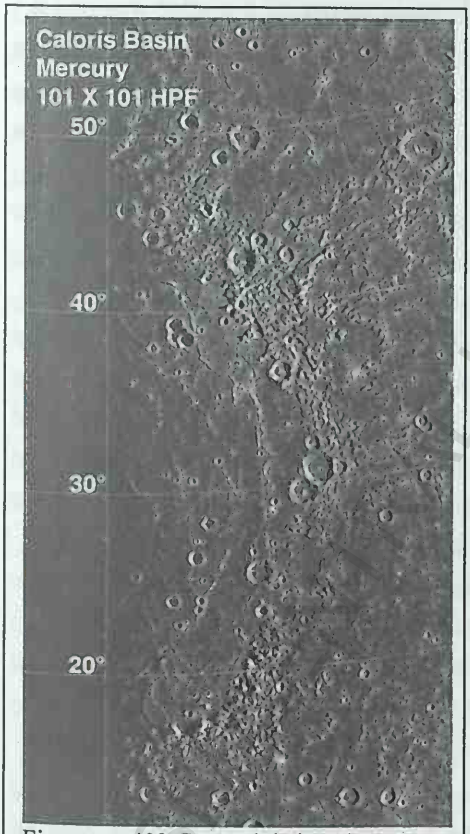

Figura nr. 403 Craterul de impact denumit Bazinul Caloris. Credit NASA

Structura internă a planetei este reprezentată de un nucleu foarte bine dezvoltat cu raza de 1800 şi 1900 km, care totalizează peste 75% din diametrul planetei. Densitatea medie foarte mare poate fi explicată doar printr-o cantitate foarte mare de fier conţinută de nucleu. Peste nucleu se află dispusă o manta din silicati, asemănătoare cu cea a Pământului, cu o grosime cuprinsă între 500 şi 600 km.

Grosimea redusă a mantalei poate fi rezultatul unei coliziuni cu un mare asteroid care ar fi putut arunca în spaţiu o parte a acesteia [38].

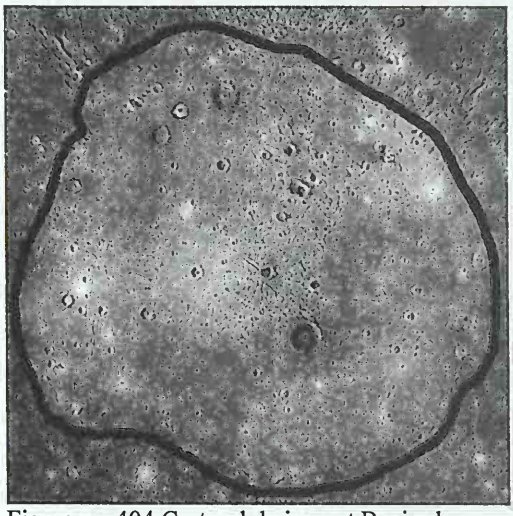

Figura nr. 404 Craterul de impact Bazinul Caloris. Credit NASA

Relieful planetei Mercur este reprezentat de numeroase cratere de impact cu diametre cuprinse între 100 m şi 1500 km (Fig.402). Vechimea acestora este estimată la cca. 4,2 mld ani. Cea mai puternică ciocnire s-a produs acum câteva miliarde de ani, când un corp de mari dimensiuni a căzut pe suprafaţa planetei. În urma impactului a rezultat cel mai mare crater de pe Mercur numit de astronomi bazinul Caloris, de 1500 km în diametru (Fig.403, 404). Pe suprafaţa planetei se mai pot observa regiuni plane formate în urma vulcanismului. Aceste regiuni sunt mai noi decât regiunile fragmentate de cratere fiind formate acum cca. 3,7 mld ani în urmă. Faptul că suprafaţa planetei prezintă forme de relief foarte vechi este explicat prin faptul că spre deosebire de planetele Venus, Terra şi Marte activitatea vulcanică a încetat de foarte multă vreme [14].

Atmosfera este constituită parţial din vânt solar, cu mici concentraţii de hidrogen şi heliu la care se adaugă o proporţie semnificativă de sodiu, potasiu şi calciu care poate provenii din crusta planetei. Compoziţia atmosferică suferă modificări în timp, în funcţie de ora locală de pe Mercur, distanţa faţă de Soare şi nivelul de activitate solară.

Temperatura medie este de 117°C, cu o variaţie semnificativă de la zi (467°C) la noapte (-183°C). Astfel în timpul unei singure zile de pe Mercur temperatura creşte suficient de tare încât se poate topi plumbul şi ulterior scade suficient de mult pentru a putea îngheţa dioxidul de carbon.

Mercur nu are sateliţi naturali, cu toate că uneori unii asteroizi se apropie foarte mult de planetă [38].

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

4.2.Venus

Venus este a doua planetă de la Soare şi a şasea ca mărime din Sistemul Solar, având un diametru ecuatorial de 12103,6 km. Este cel mai apropiat vecin al Pământului fiind vizibilă, de obicei, cu ochiul liber. Venus era numită la greci Afrodita, după numele zeiţei dragostei şi a frumuseţii. Planeta a fost numită astfel deoarece era cea mai strălucitoare dintre toate planetele cunoscute anticilor. De pe Pământ această planetă este văzută ca al treilea obiect ca şi strălucire după Soare şi Lună putând fi observat la vest după apus şi la est după răsărit (Fig.405). Planeta mai este cunoscută şi sub denumirile de "Luceafărul de seară" sau "Luceafărul de dimineaţă" [22].

Planeta Venus este înconjurată de nori foarte denşi care fac ca observaţia directă asupra suprafeţei topografice să fie imposibilă. Toate imaginile obţinute cu ajutorul telescoapelor pun în evidenţă doar sistemul noros consistent al acesteia. Pentru analiza reliefului au fost utilizate undele radar care traversează norii groşi ai planetei şi sunt reflectate de suprafaţa topografică a acesteia (Fig. 409). Cu ajutorul undelor radar au fost efectuate o serie de cartări amănunţite ale suprafeţei topografice astfel încât în prezent aceasta este cunoscută destul de bine [38].

Figura nr. 405 Planeta Venus – credit NASA

Venus este doar puţin mai mică decât Pamântul (95% din diametrul şi 81% din masa Pământului). Densitatea medie (5,24g/cm^3) şi compoziţia chimică asemănătoare au constituit argumente pentru care s-a crezut că dincolo de norii săi denşi Venus arată ca şi Pământul şi că are poate chiar şi viată. Studiile recente arată, însă, că această planetă este cu mult diferită de Pământ.

BCU "CAROL I" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Orbita lui Venus este cea mai apropiată de cerc dintre toate orbitele planetelor Sistemului Solar, cu o excentricitate de mai puţin de 1%. Distanţa medie faţă de Soare este de 108,2 milioane km, cu o distanţă la periheliu de 107,5 milioane km iar la afeliu de 109 milioane km [14].

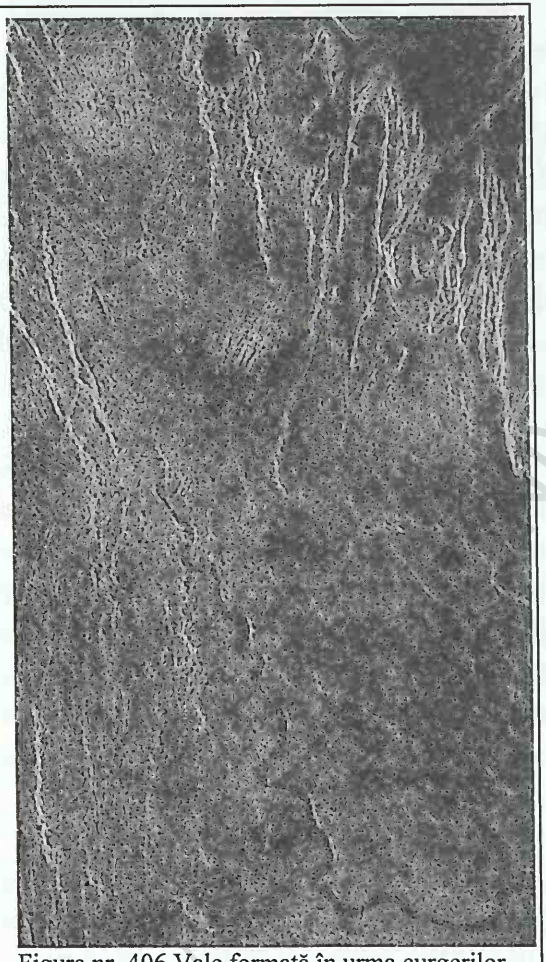

Figura nr. 406 Vale formată în urma curgerilor de lavă de pe Venus. Credit NASA

Mişcarea de revoluţie a planetei (anul pe Venus) se realizează în 225 de zile terestre, având o viteză medie de deplasare pe orbită de 35km/s. Înclinarea axei de rotaţie a planetei faţă de planul orbitei este de doar 3 grade fapt ce nu cauzează o sezonalitate semnificativă [22].

Mişcarea de rotaţie a planetei (ziua venusiană) este oarecum neobişnuită, în sensul că este foarte lentă (243 zile terestre pentru o zi pe Venus, puţin mai lungă decât anul de pe Venus). Rotaţia planetei se realizează în sens retrograd (privită de deasupra polului nord mişcarea se realizează în sensul acelor de ceasornic) fapt care determină apariţia Soarelui (răsăritul) la vest şi apusul la est.

BCU IAŞI UNIVERSITY LIBRARY

Figura nr. 407 Craterul de impact Barton. Credit NASA

Deoarece majoritatea planetelor Sistemului Solar au mişcări de rotaţie în sens prograde s-au purtat discuţii intense cu privire la cauzele care ar fi stat la baza acestei anomalii. Printre ipotezele lansate menţionăm ipoteza conform căreia planeta a fost lovită de un asteroid şi a fost dată peste cap ramânând pe orbită sau ipoteza conform căreia axa planetei a fost puternic înclinată iar sub efectul mişcărilor mareice din atmosferă, forţelor gravitaţionale şi frecărilor interne aceasta s-a răsturnat. Perioada de rotaţie a planetei este sincronizată în asa fel încât afişează întotdeauna aceeaşi faţă spre Pământ, atunci când cele două planete sunt apropiate cel mai mult.

Figura nr. 408 Craterul de impact Mead. Credit NASA

Deoarece este o planetă telurică din vecinătatea Terrei, structura internă este probabil foarte asemănătoare cu cea a Pământului. Informaţiile provenite de la sondele spaţiale Venera 13 şi Venera 14 la care se adaugă cele obţinute cu ajutorul sondelor Vega relevă faptul că scoarţa planetei este foarte asemănătoare cu scoarţa bazaltică terestră. Având în vedere faptul că bazaltul se formează prin cristalizarea lavei provenită din manta s-a considerat că şi planeta Venus are o manta superioară situată între 70 şi 480 km, constituită din minerale de olivină [$(Mg, Fe)_2SiO_4$],

clinopiroxeni [$(Ca,Mg,Fe,Al)_2(Si,Al)_2O_6$], ortopiroxeni [$(Mg,Fe)SiO_3$] la care se adaugă, în proporţie mai redusă, alte minerale. Mantaua inferioară este situată la adâncimi cuprinse între 480 şi 3051 km iar nucleul este situate la o adâncime cuprinsă între 3051 şi 6051 km, constituit predominant din fier. Deoarece câmpul magnetic al planetei Venus este extreme de slab în comparaţie cu cel al Pământului există o serie de ipoteze cu privire la existenţa unul nucleu lichid dar care nu are în interior un nucleu solid şi care sub efectul unei mişcari de rotaţie foarte lente nu produce efectul de dinam generator de câmp magnetic [14], [38].

Relieful lui Venus constă în proporţie de 90% din câmpii plane, fără

Figura nr. 409 Planeta Venus - imagine radar. Credit NASA

prea multe denivelări. Există câteva depresiuni întinse şi două zone înalte asemănătoare continentelor de pe Terra. Aceste zone au fost denumite Ishtar Terra, situată în emisfera nordică (cam de marimea Australiei) şi Aphrodite Terra, de-a lungul ecuatorului (cam de mărimea Americii de Sud). Interiorul lui Ishtar este format dintr-un platou întins, Lakshmi Planum, care este înconjurat de munţii cei mai înalţi de pe Venus, printre care se numară şi masivul Maxwell Montes. Aceşti munţi se ridică la altitudinea de 12000 m deasupra suprafeţei venusiene. O mare parte a suprafeţei lui Venus (80%) este acoperită de scurgeri de lavă. Există peste 1000 de vulcani pe Venus, majoritatea mai mari de 20 km în diametru. Erupţiile vulcanilor au format văi de scurgere a lavei, ce se întind pe mii de km (Fig.406). Venus deţine la suprafaţa sa cea mai lungă vale din Sistemul Solar, numită sistemul Dali şi Diana Chasma, ce are cca. 7400 km lungime şi o lăţime medie de 1,8 km [22].

Există câţiva vulcani masivi (similari cu Hawaii) cum ar fi Sif Mons

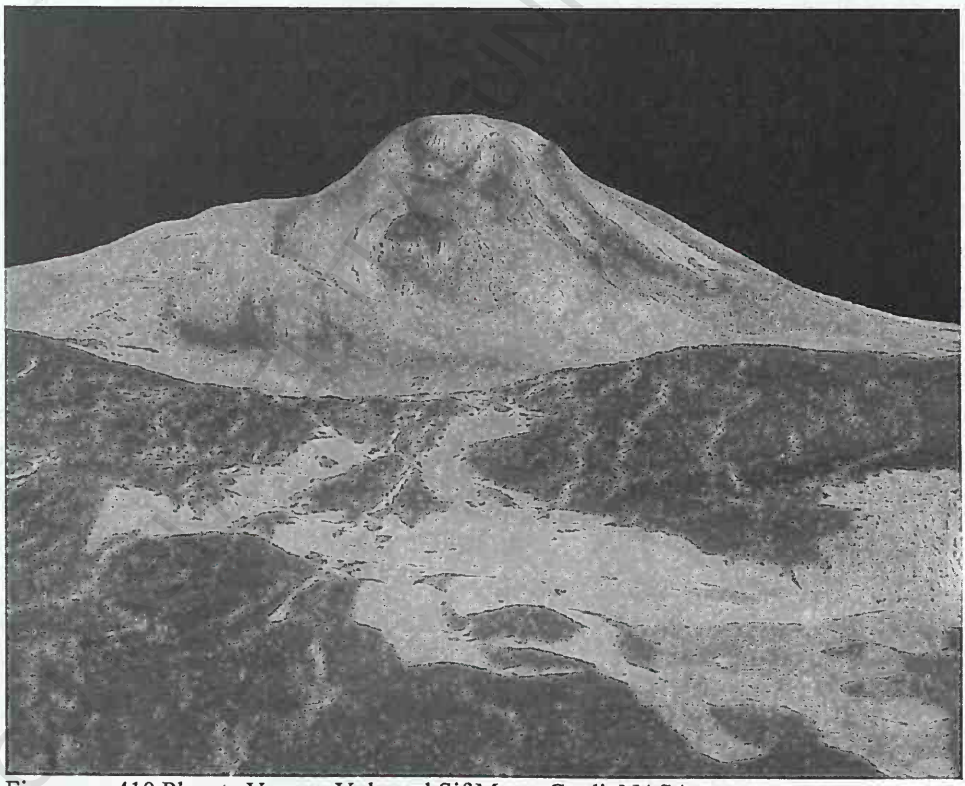

Figura nr. 410 Planeta Venus - Vulcanul Sif Mons. Credit NASA

(Fig.410). Descoperiri recente arată că pe Venus vulcanii sunt încă activi, însă numai în anumite puncte care sunt mai fierbinţi. O mare parte a suprafeţei venusiene a fost liniştită din punct de vedere geologic pe durata ultimelor câteva sute de milioane de ani.

Pe Venus există aproximativ 1000 de cratere de impact. Cele mai mari cratere au formă de castron şi sunt similare craterelor de pe alte planete telurice. Atmosfera densă de pe Venus afectează viteza şi integritatea asteroizilor care formează cratere de impact de diferite mărimi şi forme. Craterele complexe au diametre mai mari de 15 km şi reprezintă aproximativ 96% din toate craterele de pe Venus. Aceste cratere s-au format în urma impactului cu asteroizi care nu au fost puternic afectaţi de atmosfera densă venusiană. Au o morfologie circulară cu o podea plată care prezintă în centru un vârf sau un inel de vârf (craterul Barton cu un diametru de 50 km, craterul Mead cu un diametru de 280 km – cel mai mare crater de impact de pe Venus), (Fig. 407, 408).

Craterele neregulate au diametre mai mici de 15km şi s-au format în urma fragmentării asteroizilor la trecerea prin atmosfera venusiană. Deoarece fragmentele mai mici de asteroizi sunt arse în totalitate nu există cratere de impact cu diametre mai mici de 3 km [14].

Cele mai vechi forme de relief de pe Venus par a avea 800 de milioane de ani. Vulcanismul intens de pe vremea aceea a măturat suprafaţa anterioară, incluzând şi unele cratere mai mari din istoria timpurie a lui Venus.

Suprafaţa planetei Venus este chiar mai fierbinte decât a lui Mercur în ciuda faptului că este de două ori mai departe de Soare. Atmosfera densă conţine un procent însemnat de dioxid de carbon care contribuie la producerea unui efect de seră care creşte temperatura suprafeţei lui Venus la cca 457 °C (suficient de fierbinte pentru a topi plumbul). Presiunea atmosferică de la suprafaţa lui Venus este de 90 de atmosfere (cam aceeasi cu presiunea la o adâncime de 1 km în oceanele terestre). Norii groşi existenţi în atmosferă la altitudini cuprinse între 50 şi 70 km sunt constituiţi din acid sulfuric, dioxid de sulf, sulfură de arsen, clorură, mercur etc. Vânturile de la nivelul norilor sunt extrem de puternice (350 km/h), spre deosebire de cele de la suprafaţa planetei care sunt foarte lente, atingând nu mai mult de 2-3 kilometri pe oră [38].

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Există ipoteze conform cărora pe Venus au existat odată mari cantităţi de apă comparabile cu cele de pe Pământ care însă s-a evaporat sub efectul radiaţiei solare. Pământul ar fi avut aceeaşi soartă dacă ar fi fost doar puţin mai aproape de Soare.

La fel ca şi în cazul planetei Mercur planeta Venus nu are sateliţi naturali. Planeta a fost vizitată de aproximativ 25 de sonde spaţiale, cele mai importante fiind Pioneer Venus, Venera 7 şi Magellan. În prezent planeta este studiată de Sonda Venus Express, lansată de ESA (Europeean Space Agency) în noiembrie 2005.

4.3.Marte

Marte este a patra planetă de la Soare şi a şaptea ca mărime din Sistemul Solar, având un diametru ecuatorial de 6792 km. Marte a fost zeul războiului la romani şi, probabil, planeta a primit acest nume datorită culorii sale roşii, fiind denumită câteodată şi Planeta Roşie (Fig.411). Distanţa medie dintre Marte şi Soare este de 228 milioane de km. Orbita acestei planete are un caracter eliptic pronunţat, cu o distanţă faţă de Soare, la afeliu, de 249 milioane km iar la periheliu de 207 milioane km [22].

Mişcarea de revoluţie a planetei (anul de pe Marte) se realizează pe parcursul a 684 zile terestre, aproape de două ori mai mult decât în cazul Pământului. Viteza medie de deplasare pe orbită este de 24 km/s iar înclinarea axei de rotaţie faţă de perpendiculara pe planul orbitei este de 25,2 grade (abaterea posibilă fiind de 20 grade). Această înclinare este foarte apropiată de înclinarea axei de rotaţie a Terrei fapt ce determină şi în cazul planetei Marte o sezonalitate accentuată [13]. În cadrul deplasării sale pe orbită, odată la 780 zile se produce o apropiere accentuată faţă de planeta Pământ (opozitia planetei). La „opoziţie" distanţa minimă dintre Marte şi Terra se situează între 55 şi 90 milioane km. În data de 27 august 2003, Marte a fost mai aproape de Pământ ca niciodată în ultimii 60.000 de ani, distanţa fiind de numai 55.758.006 km. Următoarea mare apropiere se va produce pe 24 august 2208.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

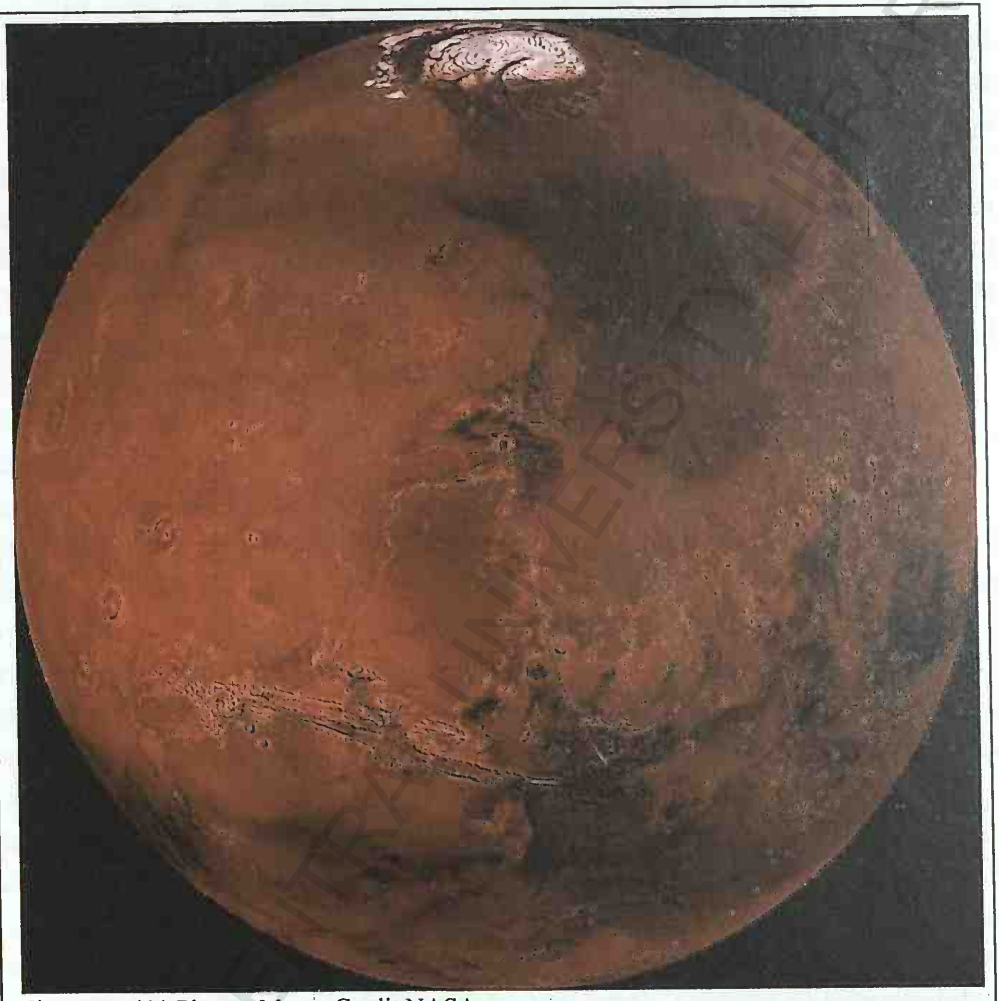

Figura nr. 411 Planeta Marte. Credit NASA

Mişcarea de rotaţie a planetei (ziua de pe Marte) se realizează în sens prograde (privită de deasupra polului nord mişcarea se realizează în sens invers acelor de ceasornic) şi durează 24h 39m 35s (1,02 zile terestre) comparabilă ca durată cu ziua de pe Pământ. Pe această planetă Soarele răsare de la est şi apune la vest (la fel ca pe Pământ) [35].

Densitatea medie a planetei este mai mică decât în cazul celorlalte planete telurice fiind de 3,940 g/cm^3. Având în vedere această densitate dar şi o serie de alte caracteristici specifice Terrei au fost emise o serie de supoziţii cu

privire la structura internă a planetei Marte. Aceasta prezintă un nucleu dens (pobabil din fier) cu o rază de cca. 1800 – 2200 km, o manta cu o densitate puţin mai mare decât densitatea din mantaua Pământului şi o scoarţă subţire.

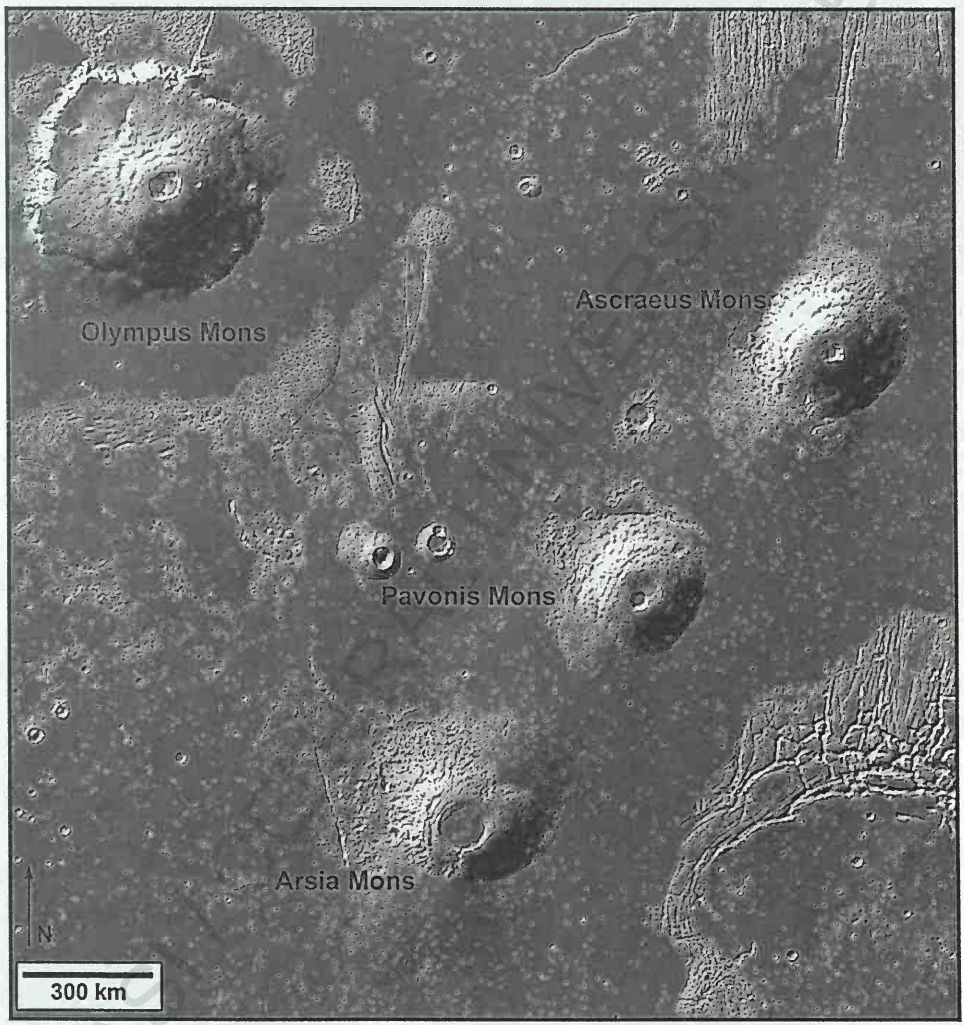

Figura nr. 412 Conuri vulcanice de pe Marte. Credit NASA

Informaţiile venite de la sondele spaţiale indică faptul că scoarţa planetei Marte este de aproximativ 60 km grosime în emisfera sudică şi de doar 35 km grosime în cea nordică. Pe Marte se pare că lipsesc plăcile tectonice deoarece

Figura nr. 413 Vulcanul Olympus Mons cu altitudinea de 21283m. Cedit NASA.

nu există nici o dovadă în legătură cu o mişcare recentă, pe orizontală, cu formare de munti de încreţire atât de obişnuiţi pe Pământ [38].

La fel ca pe Pământ, tot dioxidul de carbon a fost folosit pentru crearea rocilor carbonatice. Datorită lipsei plăcilor tectonice, Marte nu poate să-şi recicleze acest dioxid de carbon şi să-l ridice în atmosferă şi deci, nu a putut crea un efect de seră semnificativ iar din această cauză suprafaţa lui Marte este mult mai rece decât ar fi cea a Pământului, dacă acesta ar fi situat la aceeaşi distanţă faţă de Soare ca şi Marte.

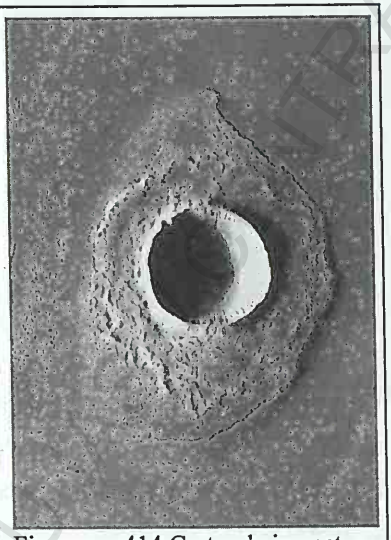

Figura nr. 414 Crater de impact simplu. Credit NASA

Cu toate că planeta Marte e mult mai mică decât Pământul, suprafaţa topografică este asemănătoare cu suprafaţa uscată a Pământului. Marte prezintă cel mai interesant peisaj dintre toate celelalte planete terestre remarcându-se existenţa unor forme de relief spectaculoase. Prin utilizarea unor instrumente performante (Mars Orbital Laser Altimeter) a fost obţinută o hartă detaliată a suprafeţei topografice marţiene. Relieful vulcanic este foarte bine dezvoltat, cu o menţinere a manifestărilor vulcanice pe parcursul a cca. 4 mld ani. Formaţiunea vulcanică denumită Tharsis se pare că s-a

format în primele câteva sute de milioane de ani ai planetei iar unii dintre vulcanii planetei sunt activi şi în prezent. Formaţiunea Tharsis este amplasată în apropierea ecuatorului marţian şi este constituită din patru mari conuri vulcanice denumite Arsia, Pavonis, Ascraeus Mons şi Tholis Tharsis (Fig.412). Aceste conuri vulcanice au diametre de cca. 400 km şi înălţimi de cca. 17 km. Între cele patru conuri se află o depresiune (depresiunea centrală) formată probabil în urma colapsului ce a avut loc după expulzarea magmei din bazinul magmatic. Tot în categoria conurilor vulcanice spectaculoase se înscrie şi Alba Patera al cărui diametru este de cca. 1600 km fiind cel mai mare vulcan din Sistemul Solar ca şi diametru dar care are o înălţime de doar 6 km. Cel mai înalt con vulcanic de pe Marte este Olympus Mons (21283 m), fiind totodată cel mai înalt vulcan din Sistemul Solar (Fig.413). Diametrul conului Olympus este de cca. 600 km [13]. În legătură cu vulcanismul specific planetei Marte există o serie de necunoscute legate de mecanismele care au stat la baza generării acestuia. Spre deosebire de planeta Pământ unde vulcanismul este legat în special de marginile plăcilor tectonice, pe Marte se pare că nu există plăci tectonice fiind vorba de o crustă unitară care prezintă corpuri vulcanice masive. Cele mai plauzibile ipoteze sunt legate de posibilitatea formării aparatelor vulcanice sub influenţa penelor magmatice cu origine în interiorul planetei, situaţie existentă şi pe Terra în arhipelagul Hawai.

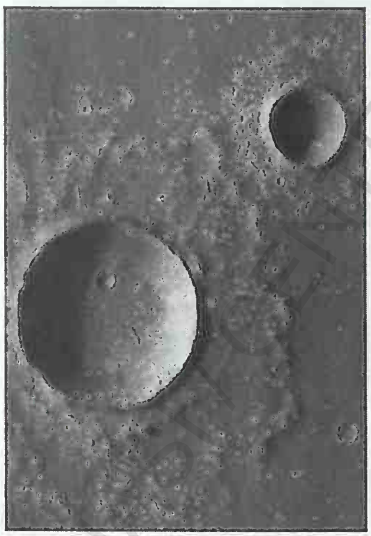

Figura nr. 415 Cratere de impact simple. Credit NASA

Craterele de impact sunt prezente pe suprafaţa topografică a planetei cu o variaţie însemnată a dimensiunii acestora (Fig.414, 415). Asteroizii cu diametre de câţiva kilometrii au format prin coliziune cu suprafaţa marţiană cratere simple de tip castron, în timp ce asteroizii mai mari au generat cratere complexe cu fundul plat şi cu un vârf în zona centrală. Cel mai mare crater de impact este Hellas Planitia situat în emisfera sudică cu o adâncime de peste 7 km şi un diametru de 2000 km (Fig.416).

În multe locuri de pe Marte sunt dovezi foarte clare de eroziune încluzând fluvii mari şi un sistem de râuri mai mici. Specialiştii consideră că în mod cert, în trecut, curgea un lichid la suprafaţa planetei. Cel mai probabil este apa lichidă dar există şi alte posibilităţi. Ar fi putut exista lacuri mari sau poate chiar şi oceane [22].

Sondele spaţiale trimise pe Marte au adus dovezi şi imagini ale unor roci stratificate ce ar putea să provină dintr-un bazin de sedimetare. Se consideră că existenţa lor a fost scurtă şi foarte îndepărtată, vârsta canalelor de

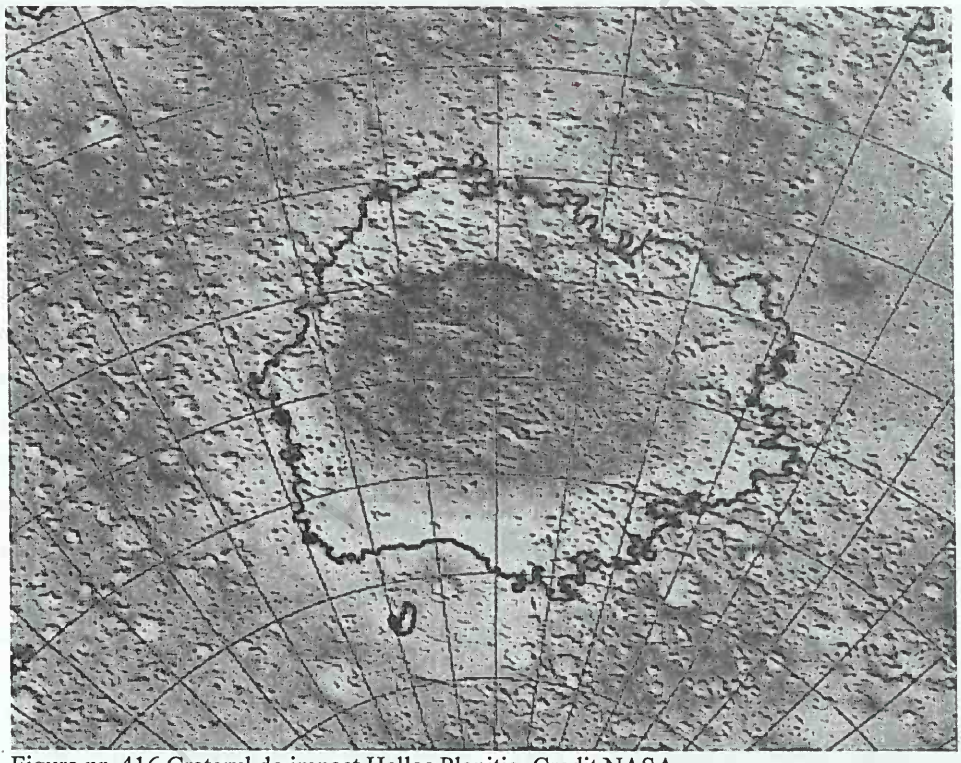

Figura nr. 416 Craterul de impact Hellas Planitia. Credit NASA

eroziune fiind de aproximativ 4 miliarde de ani. Mult timp s-a crezut că şi Valles Marineris, care este un sistem de canioane cu o lungime de 4000 km şi o adâncime variind de la 2 la 5 km, a fost format prin eroziune însă conform unor ipoteze recente acesta nu a fost creat de apa curgătoare, ci s-a format prin întinderea şi falierea scoarţei.

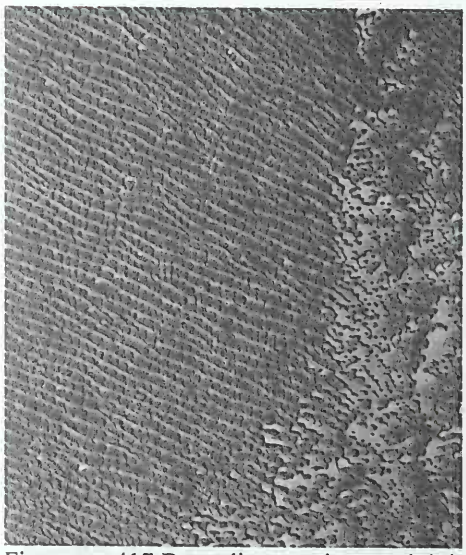

Figura nr. 417 Dune din apropierea polului nord marţian (Marea de nisip). Credit NASA

Pe suprafaţa planetei Marte există mai multe zone în care au fost identificate dune asemănătoare celor existente pe Terra. În apropierea polului nord marţian există o suprafaţă apreciabilă ocupată de dune numită marea de nisip (Fig.417). În emisfera sudică, la latitudini cuprinse între 30 şi 60°, dunele ocupă suprafeţele situate între craterele de impact. Morfologia dominantă a dunelor este una asemănătoare barcanelor de pe Pământ (în formă de semilună). Lungimea dunelor este cuprinsă între 150 şi 300 m, în timp ce lăţimea acestora este de 300 – 450 m. La dunele marţiene din apropierea polului nord înălţimea acestora este a zecea parte din lungime (la fel ca şi pe Terra), în timp ce dunele din emisfera sudică, situate între cratere, au un raport al înălţimii diferit. Există ipoteze care consideră că în cazul dunelor din emisfera nordică este posibilă o contribuţie a gheţii care le permite să fie mai înalte decât cele din emisfera sudică [38].

Spre deosebire de dunele de pe Terra, unde nisipul este constituit predominant din cuarţ, pe Marte dunele sunt constituite din minerale închise la culoare care conţin fier. Fierul este oxidat iar procesul induce

Figura nr. 418 Con de dispersie. Credit NASA

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

şi o culoare roşiatică specifică materialului fin de la suprafaţa planetei (planeta roşie). Agentul de modelare cel mai semnificativ este vântul care transportă particule de praf şi nisip şi are o putere erozivă foarte mare. Vântul şlefuieşte aflorimentele de roci formând, în anumite situaţii, yardanguri asemănătoare celor de pe Terra.

În 2004, roverul Opportunity a găsit minerale ce indicau faptul că locul unde se afla a fost ţărmul unei foste mări sărate. Spectrometrul cu raze X de pe rover a identificat o rocă cu un procent mare de sulf, sulfat de sare şi sulfura de fier hidratată, minerale care se formează în condiţiile de evaporare treptată a apei. Aceste dovezi au venit în sprijinul ipotezei care presupune existenţa în trecut, pe suprafaţa planetei Marte, a unor adevărate bazine acvatice (Fig.418) [22].

În anul 2002 s-a descoperit în calota polară, un depozit de gheaţă ce conţine hidrogen. Alte observaţii au arătat că în unele regiuni există în subsolul marţian, la adâncimi de până la 1 m, depozite de hidrogen. Hidrogenul respectiv este asociat cu prezenţa apei. Deşi cea mai mare cantitate de apă din subsol se găseşte în stare solidă, există supoziţii conform cărora apa se găseşte şi în stare lichidă, fapt ce alimentează speranţa existenţei vieţii pe această planetă.

Figura nr. 419 Planeta Marte - Calota de gheaţă de la polul nord. Credit NASA

Calotele polare, compuse din dioxid de carbon îngheţat, se măresc în timpul iernii şi se retrag în timpul verii (Fig.419). Partea centrală a calotei polare de nord are grosimi de cca. 5 km. Micşorarea calotei se produce nu prin topirea gheţii ci prin sublimarea ei. Dioxidul de carbon este un gaz ce trece din stare solidă în stare gazoasă [38].

BCU "I. CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

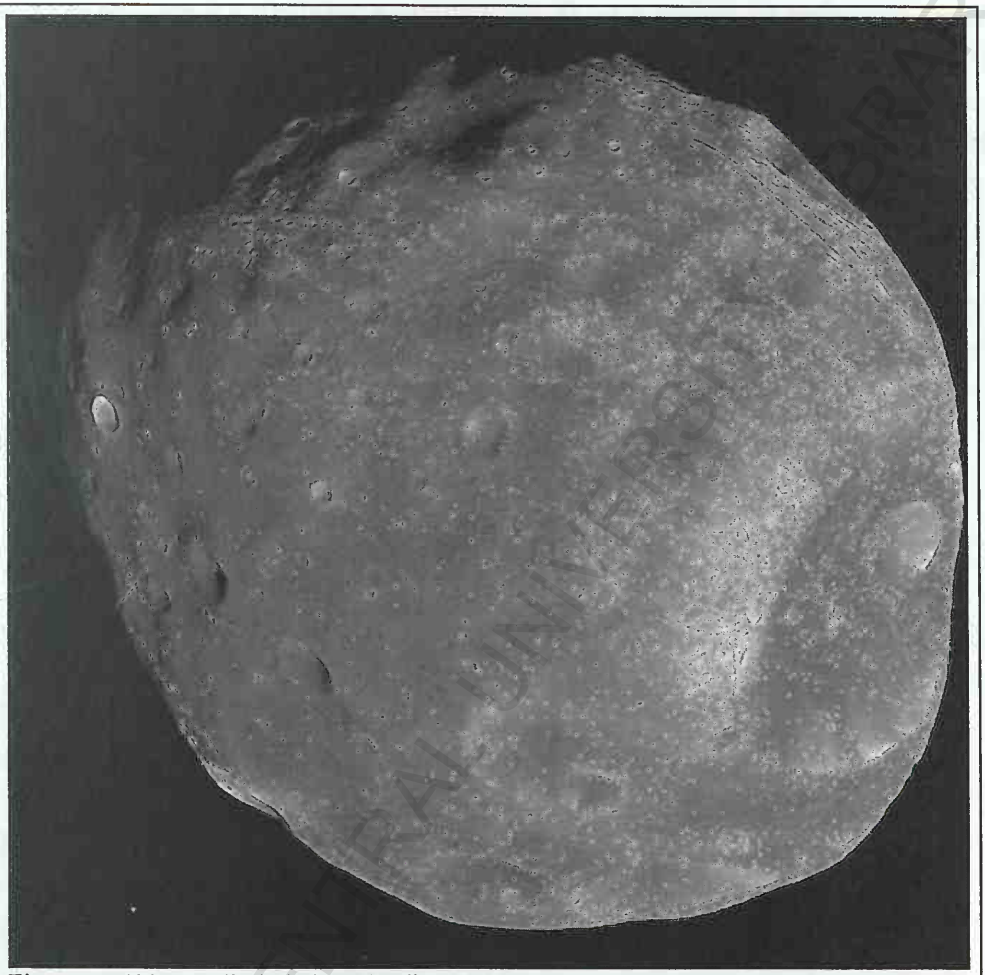

Figura nr. 420a Satelitul Phobos. Credit NASA

Atmosfera planetei Marte este compusă majoritar din dioxid de carbon (95,3%), azot (2,7%), argon (1,6%), urme de oxigen (0,15%) şi apă (0,03%). Atmosfera acestei planete produce efectul de seră dar intensitatea lui ridică temperatura suprafetei cu doar 5 °C, mult mai puţin decat pe Venus sau Pământ. Atmosfera este destul de groasă pentru a se forma vânturi puternice şi vaste furtuni de praf. Presiunea medie este de 7 milibari (mai putin de 1% din cea a Pământului), dar variază mult cu altitudinea, de la aproape 9 millibari, în cele mai adânci bazine, la aproape 1 milibar în vârful Muntelui Olimp [13].

Temperatura medie anuală este de -55° C, media termică de iarnă este de -125° C iar media termică de vară (în bătaia luminii) este de cca. 37° C.

In anul 2004 s-a descoperit că în atmosfera marţiană se găseşte metan. Metanul este un gaz ce este distrus de radiaţia ultravioletă. Prezenţa lui în

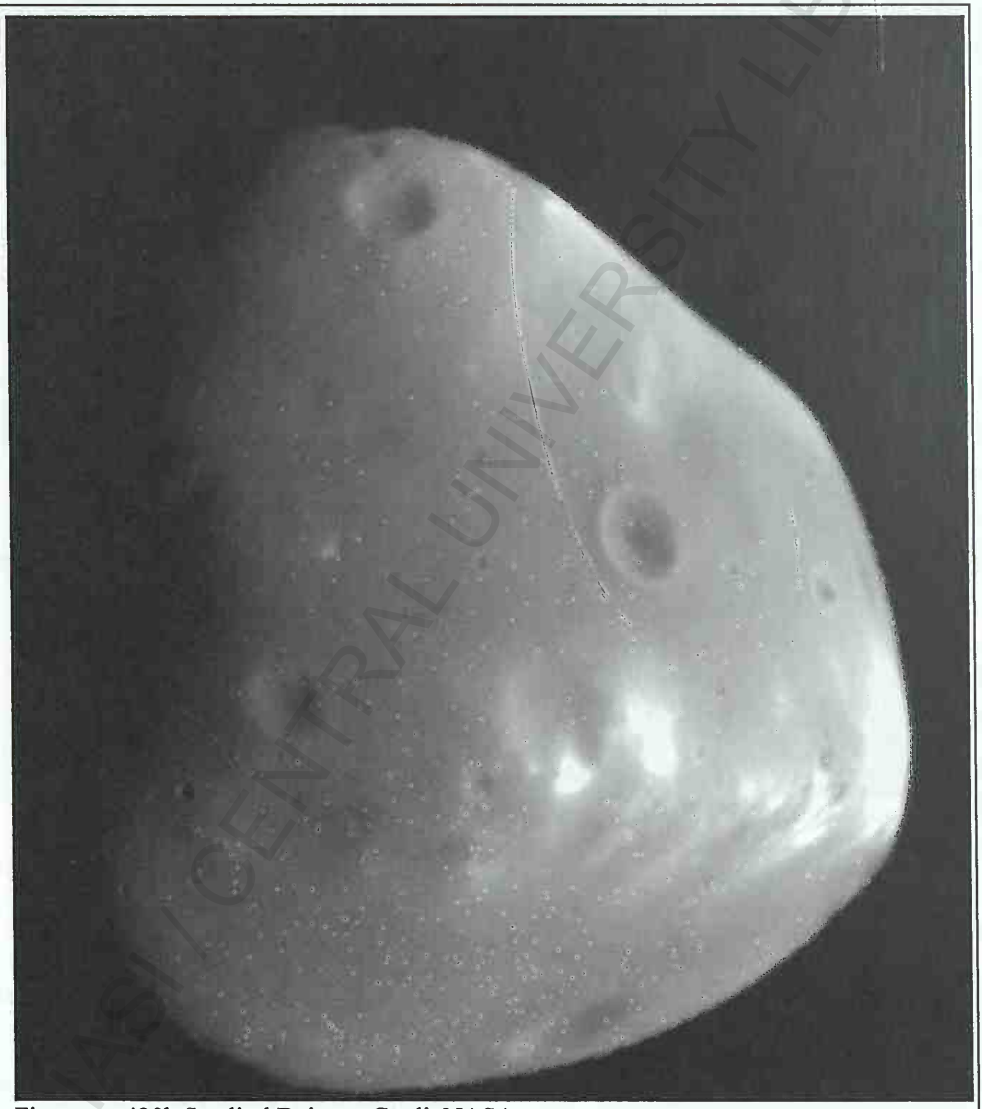

Figura nr. 420b Satelitul Deimos. Credit NASA

atmosferă este legată de existenţa pe Marte a unui proces ce produce metan.

BCU / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Acesta poate rezulta din activitatea vulcanică, impactul cu comete sau chiar existenţa unor micro-organisme.

Marte are doi sateliţi numiţi Phobos şi Deimos (Fig.420a, 420b). Amândoi sunt sateliţi foarte mici (Phobos are un diametru de cca. 22 km iar Deimos are un diametru de cca. 12 km), probabil doi asteroizi captati de gravitaţia planetei [38].

După Terra, Marte este cea mai bine studiată planetă din Sistemul Solar. În total, spre Marte au fost trimise 44 de sonde, dar numai 18 au reuşit să ajungă acolo sau să funcţioneze după intrarea pe orbită sau asolizare. În momentul de faţă (anul 2017) patru sonde spațiale orbitează această planetă şi transmit date spre Terra. In anul 2017 pe suprafața planetei se deplasa roverul Curiosity care, printre alte cercetări, efectua și o serie de analize asupra rocilor și mineralelor (Fig421).

Figura nr. 421Roverul Curiosity pe suprafața planetei Marte. Credit NASA

BCU IAȘI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

4.4.Jupiter

Denumirea de Jupiter a fost dată după zeul roman al cerului şi al tunetului. Jupiter este a cincea planetă de la Soare şi cea mai mare din Sistemul Solar dar conține doar 1‰ din masa Soarelui având un diametru ecuatorial de

Figura nr. 422 Planeta Jupiter. În imagine este vizibilă aurora polară. Credit NASA

142984 km şi o masă de 318 ori mai mare decât masa Terrei (Fig.422). Se consideră că dacă ar fi avut o masă de 80 de ori mai mare ar fi beneficiat de reacții de fuziune nucleară în interiorul său iar Sistemul Solar ar fi avut două

stele. Pentru comparație Pământul ar fi trebuit sa aibă o masă de 27000 ori mai mare pentru a puta avea reacții de fuziune nucleară cauzate de compresia gravitațională. Pentru un observator de pe Pământ, planeta gazoasă Jupiter este al patrulea obiect de pe cer ca strălucire (după Soare, Lună şi Venus). Planetele gazoase nu au o suprafață solidă, materia gazoasă crescând în densitate odată cu pătrunderea spre interior (diametrele date pentru planetele gazoase sunt pentru niveluri ale presiunii de o atmosferă) [23].

Distanţa medie faţă de Soare este de 778.412.010 km cu un maxim de 816.081.400 km la afeliu şi un minim de 740.742.600 km la periheliu. Mişcarea de revoluţie (anul pe Jupiter) se realizează pe parcursul a 11,9 ani de pe Pământ iar mişcarea de rotaţie (ziua jupiteriană) se realizează în sens prograde pe parcursul a 9,93 ore. Viteza medie cu care planeta se deplasează pe orbită este de 13,07 km/s iar înclinarea axei de rotaţie faţă de perpendiculara pe orbită este de 3,12° fapt ce nu favorizează o diferenţiere anotimpuală semnificativă [12].

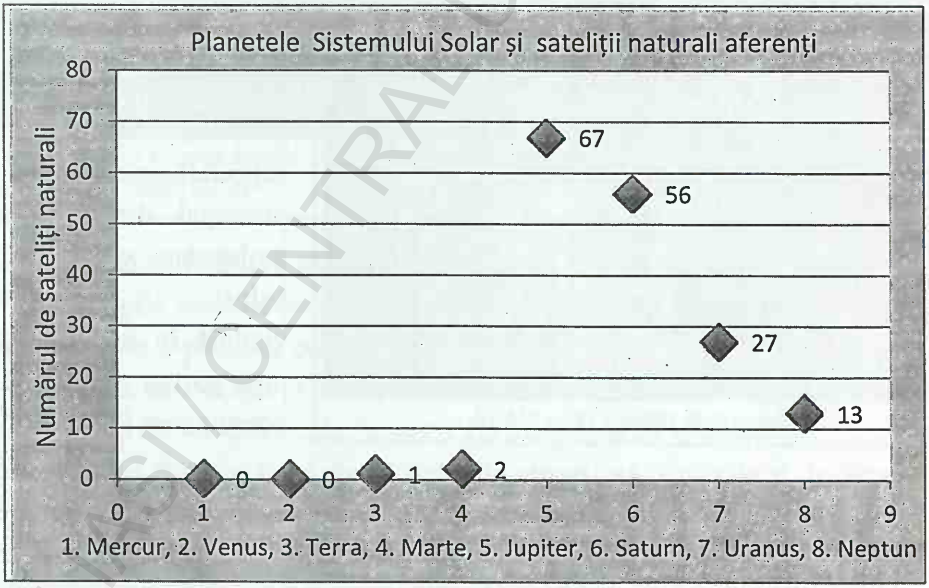

Figura nr. 423 Planetele majore ale Sistemului Solar şi numărul de sateliți naturali

Informațiile pe care le avem despre structura atmosferei planetei Jupiter au fost furnizate de sonda spațială Galileo care a pătruns în atmosfera planetei

până la o presiune de cca. 20 bari. Celelalte informații despre interiorul planetei au fost obținute prin măsurători indirecte și modelare teoretică.

Imaginile planetei Jupiter reprezintă straturile superioare de nori din atmosferă. Planeta este constituită din cca. 89% hidrogen și 11% heliu la care se adaugă mici cantități de compuși cum ar fi fosfină (PH_3), apă (H_2O), etan (C_2H_6), acetilena (C_2H_2), etc. Fiind o planetă gazoasă densitatea medie este de $1{,}33 g/cm^3$.

Structura internă a planetei este constituită dintr-un nucleu format din rocă cu o masă probabilă de 10 până la 30 ori mai mare decât masa Terrei. Deasupra nucleului se găsește un înveliș constituit din hidrogen metalic și heliu. Se pare că această stare a hidrogenului se găsește doar la presiuni ce depășesc 4 milioane bari (1 bar = 0.987 atmosfere = 1.02 kg/cm^2). La temperatura și presiunea din interiorul lui Jupiter hidrogenul este lichid și nu gaz. Este bun conducător electric și constituie sursa câmpului magnetic al planetei. Stratul de la suprafață este compus în principal din hidrogen molecular obișnuit și heliu. Atmosfera vizibilă în imagini este doar partea superioară a acestui strat [38].

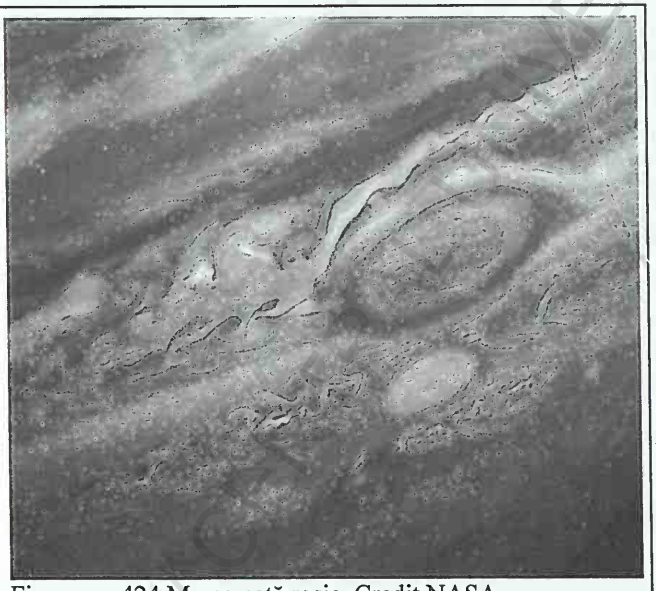

Figura nr. 424 Marea pată roșie. Credit NASA

BCU IASI

Jupiter prezintă vânturi de mari viteze ce se manifestă în benzi largi de latitudine. Diferenţele mici de temperatură sau de compoziţie chimică sunt responsabile pentru colorarea diferită a benzilor, aspect ce domină imaginea planetei. Datele provenite de la sonda spaţială Galileo indică faptul că vânturile au viteză mare constituind o atmosferă foarte turbulentă. Se consideră că vânturile de pe Jupiter sunt determinate în mare parte, de căldura internă a planetei şi nu de cea provenită de la Soare, cum este cazul Pământului.

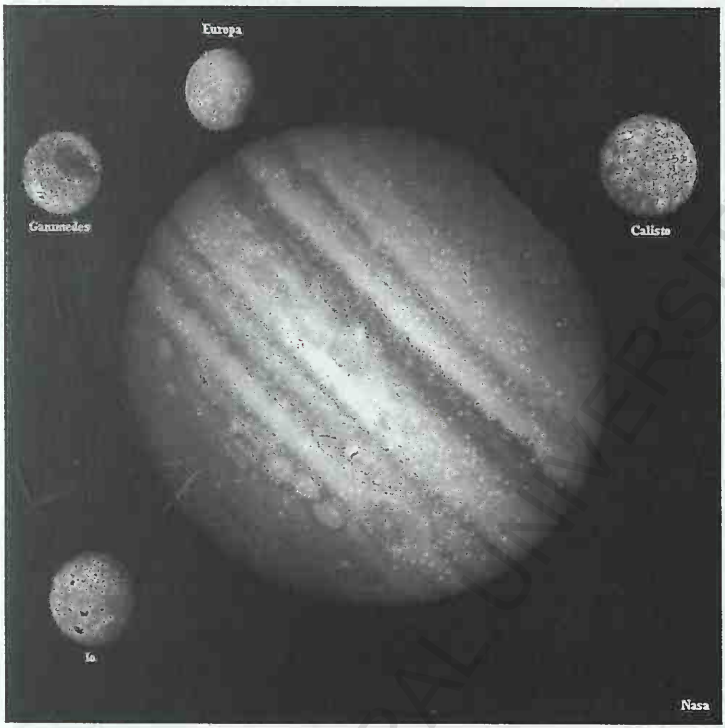

Figura nr. 425 Planeta Jupiter şi cei patru sateliți naturali (luni galileene). Credit NASA

Dungile vizibile pe imaginile ce reprezintă planeta Jupiter sunt efectul rotației rapide a planetei cu apariția forței Coriolis care generează structurarea latitudinală a atmosferei [12].

Culorile vii observate în norii lui Jupiter sunt probabil rezultatul unei subtile reacţii chimice între elementele din atmosferă. Culorile au legătură şi cu altitudinea norilor: cei mai joşi sunt albaştri, urmaţi de cei maro, şi apoi de cei albi, iar cei roşii sunt cei mai înalţi.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

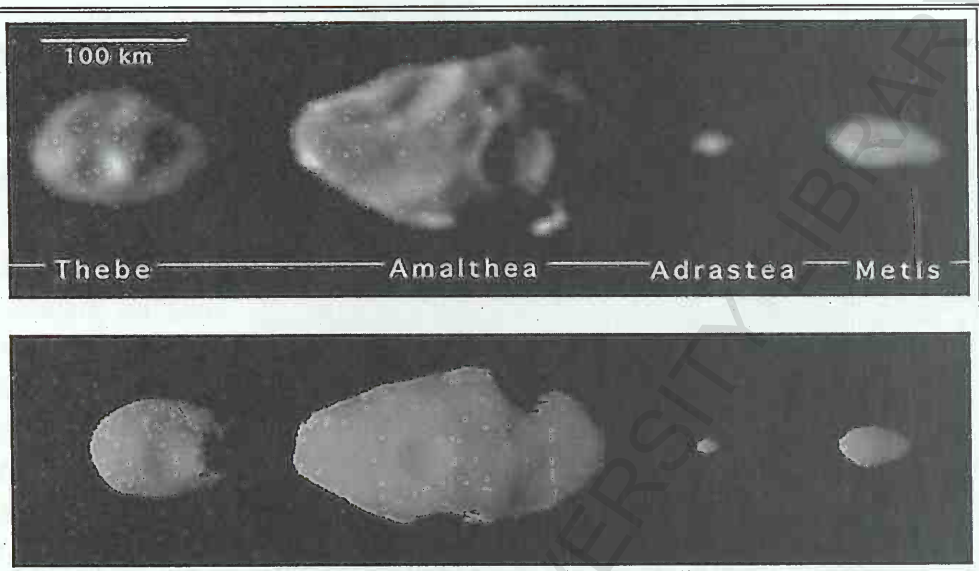

Figura nr. 426 Cei mai apropiaţi patru sateliţi ai lui Jupiter. Credit NASA

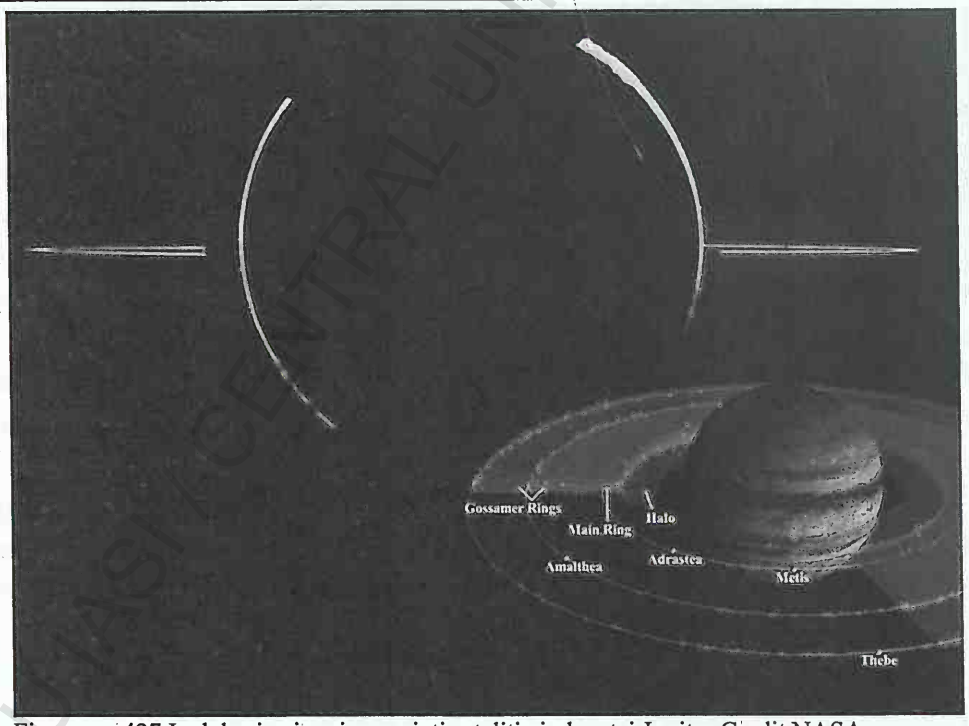

Figura nr. 427 Inelele şi cei mai apropiati sateliţi ai planetei Jupiter Credit NASA

Marea Pată Roşie a fost observată prima dată, de către telescoapele

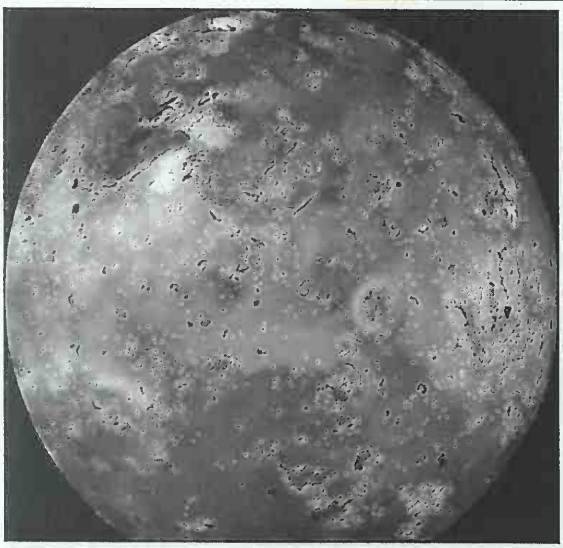
Figura nr. 428 Satelitul Io. Credit NASA

terestre, cu mai mult de 300 de ani în urmă (Fig.424). Este un oval de aproximativ 12000 / 25000 km în diametru, destul de mare încât să cuprindă două planete de dimensiunea Pământului. Observaţiile în infraroşu şi direcţia de rotaţie indică faptul că este o regiune de înaltă presiune (un imens anticiclon) ai cărei nori superiori sunt mult mai înalţi şi mai reci decât zonele înconjurătoare. Se pare că această pată roşie se mişcă pe longitudine şi a efectuat circa trei circuite complete în jurul planetei în ultimele sute de ani. Jupiter radiază în spaţiu mai multă energie decât cea primită de la Soare. Căldura este generată prin lenta compresie gravitaţională a planetei. Jupiter are un câmp magnetic uriaş, mult mai puternic decât al Pământului [23].

Figura nr. 429 Satelitul Europa. Credit NASA

Planeta Jupiter are trei inele dar mult mai palide şi mai mici decât cele ale planetei Saturn (Fig.427). Probabil sunt alcătuite din granule mici de material pietros, rezultat în urma coliziunilor dintre meteoriţi şi sateliţii mai mici ai lui Jupiter. Spre deosebire de inelele lui Saturn, acestea par să nu conţină gheaţă [21]. Jupiter are 67 de sateliţi naturali

identificați dintre care patru mari, cunoscuți sub denumirea de "luni Galileene" (Io, Europa, Ganymede, Callisto), (Fig.423, 425). Ca distanță față de Jupiter, Io este al cincilea satelit după o serie de patru sateliți mai mici numiți Metis, Adrastea, Amalthea și Thebe (Fig.426) [45].

Figura nr. 430 Satelitul Ganymede. Credit NASA

Io este un satelit puțin mai mare decât Luna, constituit din rocă (Fig. 428). Suprafața acestuia este acoperită de curgeri de lavă provenită de la o serie de vulcani activi. Datorită intensității vulcanismului suprafața topografică este într-o continuă transformare, având o vârstă relativ scăzută, estimată la cca. 1 milion de ani. Pe suprafața satelitului Io nu au fost observate cratere de impact considerându-se că lipsa acestora este în relație directă cu activitatea vulcanică intensă care determină o acoperire aproape instantanee a acestora cu lavă [37].

Activitatea vulcanică intensă este cauzată de apropierea de Jupiter. Se consideră că forțele mareice generate de planeta Jupiter flexează interiorul satelitului care se încălzește menținând în stare de topitură o bună parte din masa acestuia [40]. Menținerea echilibrului termic din interior se realizează prin erupții frecvente care duc la o decompresie periodică a materiei incandescente. Au fost identificate aproximativ 300 de centre eruptive dispuse pe suprafața satelitului. De asemenea, au fost observate numeroase lacuri de lavă și câteva formațiuni montane cu altitudini de până la 16000 m, rezultate în urma coliziunii unor plăci tectonice aflate în mișcare, la fel ca și pe Pământ. Io deține o atmosferă foarte subțire cu numeroase particule rezultate în urma

BCU MIHAI EMINESCU UNIVERSITY LIBRARY

erupțiilor vulcanice dar, chiar și atât, ajunge pentru a-l include în categoria sateliților cu atmosferă [37], [51].

Următorul satelit este *Europa*, format din rocă și gheață, cu o dimensiune puțin mai mică decât a Lunii (Fig.429). Spre deosebire de Io, pe Europa nu au fost observați vulcani. Fiind mai depărtat de Jupiter, acest satelit este afectat mai puțin de forțele mareice induse de planetă. Deși satelitul Europa este alcatuit majoritar din rocă, la partea superioară acesta este acoperit de un strat subțire de gheață brăzdată de numeroase fracturi lungi și adânci precum și de câteva cratere [40]. Numărul redus de cratere de impact indică faptul că suprafața este tânără, deci crăpăturile sunt recente, din punct de vedere geologic. Există posibilitatea ca, la contactul cu roca încălzită de efectul mareic, o parte din gheață să se topească și să formeze un ocean subteran de apă lichidă. Acest fenomen poate să genereze și să mențină fracturile observate la suprafața gheții. Prin urmare, suprafața satelitului Europa este alcatuită din numeroase fragmente de gheață ce se deplasează constant "ștergând" craterele de impact relativ repede. Satelitul Europa a intrat în vizorul cercetătorilor fiind propusă o explorare subacvatică a acestuia. În acest scop va fi trimisă o sondă spațială care va perfora stratul de gheață și va face cercetări asupra posibilului strat lichid [38], [45].

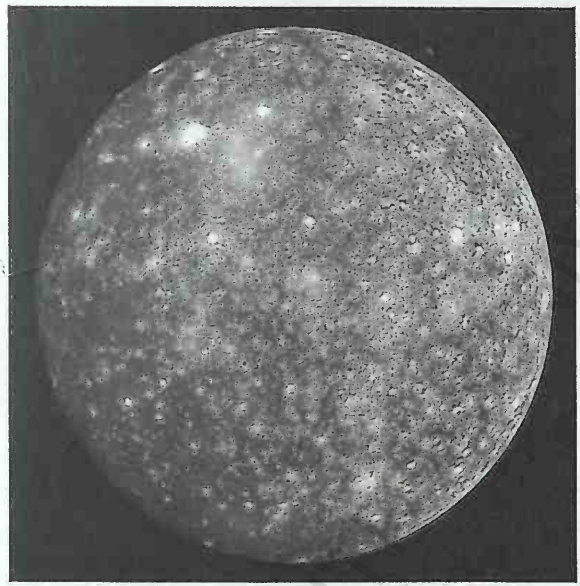

Figura nr. 431 Satelitul Callisto. Credit NASA

Următorul satelit este denumit *Ganymede* și se află la o distanță mai mare decât Europa față de planeta Jupiter (Fig.430). Ganymede este cel mai mare satelit natural al lui Jupiter fiind totodată cel mai mare satelit natural din

Sistemul Solar, având un diametru de 5268 km, mai mare decât diametrul planetei Mercur. Structura internă este alcătuită dintr-un nucleu din fier, peste care urmează o manta din rocă și la partea superioară un înveliș de gheață [40]. Din informațiile de care dispunem în present, Ganymede este unicul satelit natural din Sistemul Solar care produce propriul câmp magnetic, fapt ce se datorează nucleului din fier topit. Mai multe sectoare ale suprafeței lui Ganymede au o culoare mai închisă decât suprafața satelitului Europa și prezintă numeroase cratere de impact. Culoarea mai închisă se datorează prafului care acoperă suprafața de gheață, praf provenit de la meteoriții ce au intrat în impact cu Ganymede. Multitudinea craterelor de impact este dovada că suprafața acestui satelit este mult mai veche decât cea a lui Io sau a lui Europa. Pe lângă craterele de impact, aproximativ 60% din suprafața acestui satelit prezintă o serie de crăpături care sunt de fapt niște fracturi formate în gheața de la suprafață. Cercetătorii cred că rețeaua de fracturi s-a format acum cca. 1 miliard de ani când crusta de gheață era mai subțire datorită interiorului mai cald. Aproximativ în aceași perioadă, apa de dedesubt a inundat suprafața și a înghețat, lărgind crăpaturile din scoarță și formând topografia vizibilă în prezent. Datorită faptului că acest satelit este afectat de maree într-o măsură foarte redusă iar flexia internă este aproape nulă, apa a înghețat până la o adâncime considerabilă făcând ca suprafața lui Ganymede să ramână nemodificată de cca.1 miliard de ani [23].

Ultimul satelit din cei patru "mari" ai lui Jupiter a fost denumit *Callisto* (Fig. 431). Cu un diametru de peste 4800 km, Callisto este al treilea cel mai mare satelit din Sistemul Solar fiind foarte aproape de dimensiunea planetei Mercur. Callisto este cel mai îndepărtat dintre sateliți galileeni având cea mai mică densitate dintre aceștia (1,86 gr / cm^3). Interiorul este constituit, probabil, dintr-un nucleu din rocă și o manta groasă de gheață [40]. Suprafața de gheață vizibilă pe acest satelit este mai veche și mai întunecată decât cea a lui Ganymede. Datorită distanței mari față de planeta Jupiter, forțele mareice au afectat acest satelit foarte puțin, consecința fiind lipsa crăpaturilor de pe suprafața gheții [40]. Callisto este satelitul care are cele mai multe cratere de impact dintre toate corpurile din Sistemul Solar. Cauza acestui fenomen este în mod sigur planeta Jupiter care are o gravitație uriașă și atrage numeroase

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

comete şi asteroizi, care de multe ori se ciocnesc de sateliţi. Conform acestui principiu Ganymede, Europa şi Io ar trebui să aibă mai multe cratere, fiind mai aproape de Jupiter dar, cu siguranţă, o mare parte din acestea au fost "şterse" de pe suprafaţă cand s-a format "terenul brăzdat" de pe Ganymede şi Europa sau în urma erupţiilor vulcanice de pe Io [38], [45].

4.5.Saturn

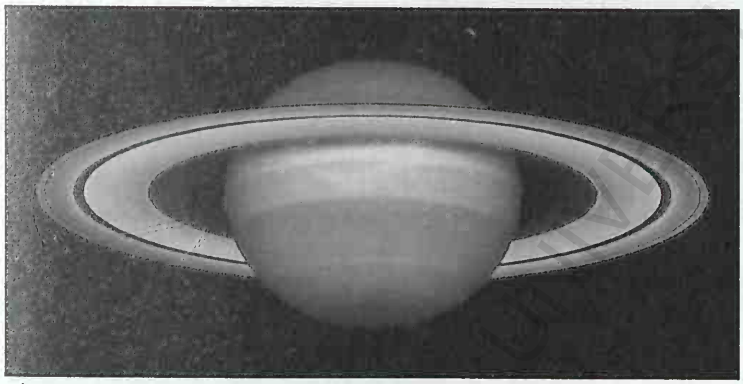

Figura nr. 432 Planeta Saturn. Credit NASA

Saturn este a şasea planetă de la Soare şi a doua ca mărime din Sistemul Solar, având numele unui vechi zeu roman. Are aspectul unei sfere turtite cu un diametru ecuatorial de 120.536 km, mai mare cu cca. 10% decât diametrul polar de 108.724 km (Fig.432). Această turtire este rezultatul rotaţiei sale rapide şi a stării sale fluide. Are o masă de 95 de ori mai mare decât masa Pământului.

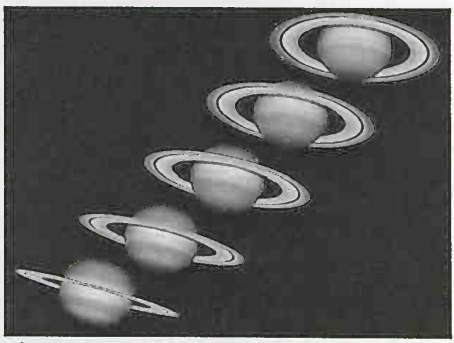

Figura nr. 433 Planeta Saturn. Imagini luate cu ajutorul telescopului Hubble din 1996 până în anul 2000. Se observă schimbarea poziţiei faţă de Pământ marcată prin creşterea vizibilităţii asupra inelelor. Credit NASA

Este considerată a fi cea mai frumoasă planetă din Sistemul Solar datorită inelelor sale luminoase. Distanţa medie faţă de Soare este de 1.426.725.400 km cu un maxim de 1.505.983.000 la afeliu şi un minim de 1.349.467.000 la periheliu. Anul de pe

Saturn (perioada de revoluţie) este de 29,5 ani tereştri iar ziua (perioada de rotaţie) este de 10,2 ore. Viteza medie cu care planeta se deplasează pe orbită este de 9,67 km/s iar înclinarea axei de rotaţie faţă de perpendiculara pe orbită este de 26,73°, situaţie favorabilă pentru o diferenţiere anotimpuală semnificativă. Observaţiile făcute asupra atmosferei planetei Saturn au relevat faptul că în funcţie de poziţia planetei pe orbită, radiaţia solară îşi modifică unghiul de incidenţă (la fel ca în cazul Pământului sau planetei Marte) creând condiţii favorabile formării de adevărate furtuni care au o ciclicitate de cca. 30 ani. Privită de la polul nord, mişcarea de rotaţie a planetei este în sens invers acelor de ceasornic (prograde) [12].

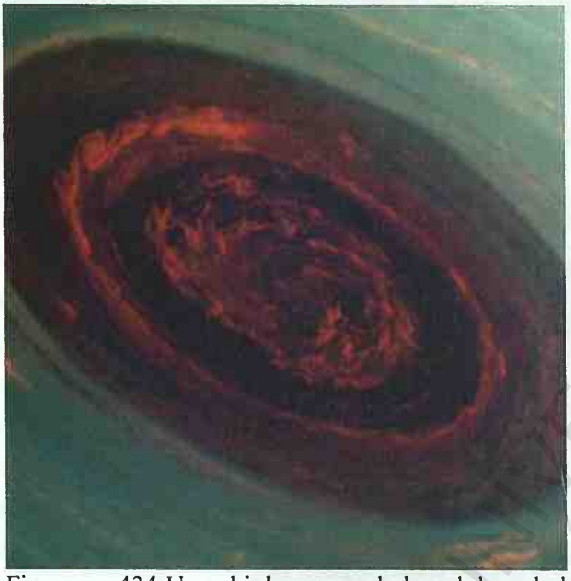

Figura nr. 434 Un ochi de uragan de la polul nord al lui Saturn. Credit NASA (Sonda Cassini – Huygens - aprilie 2013)

Figura nr. 435 Saturn – inelele fotografiate de sonda spaţială Cassini – Huygens - martie 2013. Credit NASA

Planeta Saturn este cunoscută încă din evul mediu, Galileo Galilei fiind primul care a observat-o, cu un telescop, în anul 1610. Inelele observate de Galilei au rămas unice în Sistemul Solar cunoscut, până în anul 1977 când s-au descoperit

inelele slab conturate din jurul lui Uranus şi, la puţin timp după aceea, din jurul lui Jupiter şi Neptun.

Observaţiile mai timpurii asupra lui Saturn au fost dificile datorită faptului că Pamântul trece prin planul inelelor sale la fiecare câţiva ani (Fig.433). Saturn este cea mai puţin densă dintre planetele Sistemului Solar, densitatea sa fiind mai scăzută decât cea a apei.

Structura internă a planetei Saturn este asemănătoare celei de pe Jupiter considerându-se că cele două planete au evoluat în condiţii asemănătoare (planete gemene). Conţine aproximativ 75% hidrogen şi 25% heliu cu urme de apă, metan, amoniac şi rocă, similar cu compoziţia Nebuloasei Solare primare, din care s-a format Sistemul Solar. În centrul planetei se află un nucleu solid metalic (fier) sau din rocă. Nucleul este înconjurat de un strat de amoniac, metan şi apă. Urmează un alt strat de hidrogen metalic lichid aflat la presiuni mai mari de 2,5 milioane de atmosfere. Peste acest strat se găseşte hidrogen şi heliu în stare vâscoasă, elemente care devin gazoase la suprafaţă şi formează atmosfera lui Saturn.

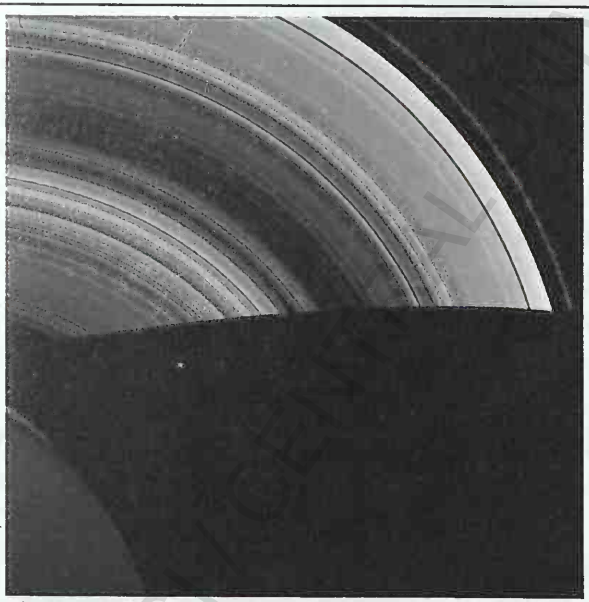

Figura nr. 436 Saturn - inelele văzute de la 1,5 mil km – sonda spaţială Cassini – Huygens - martie 2013. Credit NASA

În comparaţie cu Jupiter, se pare că atmosfera lui Saturn este mai săracă în heliu. Un strat foarte gros de nori acoperă planeta, strat pe care se pot vedea benzi colorate diferit. Aceste benzi se formează din cauza diferenţelor de tempratură ale gazelor din atmosferă. Temperatura medie a atmosferei, aflate la o presiune de 1 bar, este de - 178°C [38]. Agitaţia în atmosferă este foarte mare, norii mişcându-se cu viteze ce ajung până la 500

m/s (pe Terra cele mai rapide uragane ating o viteză de 110 m/s). În atmosferă se observă furtuni gigantice, cea mai mare fiind cea de la polul sud al planetei (Fig.434). "Ochiul" acesteia are 8000 km în diametru iar deplasarea atmosferei din interiorul său se realizează cu o viteză de 550 km/h. Norii lui Saturn sunt constituiți din gheață de amoniac (NH_3), hidrosulfid de amoniu (NH4SH) și apă (H_2O) la care se adaugă procente reduse de fosfor, arsenic și germanium [23].

Figura nr. 437 Satelitul Titan. Credit NASA

Sondele spațiale ce au studiat planeta au constatat că există mii de inele separate de goluri, numite diviziuni. Două inele proeminente (A și B) și unul mai puțin pronunțat (C) se pot vedea de pe Pamânt. Spațiul dintre inelele A și B este cunoscut ca diviziunea Cassini (Fig.435,436) [21].

Deși de pe Pământ par continue, aceste inele sunt compuse de fapt din numeroase particule mai mici, fiecare având o orbită independentă. Diferă în dimensiune de la un centimetru la câțiva kilometri diametru. Inelele lui Saturn sunt incredibil de subțiri deși au un diametru de peste 480.000 km nu depășesc 2 km în grosime [12]. Particulele din inel, par a fi compuse în primul rând din apă înghețată, dar pot să includă și particule de rocă învelite în gheață.

Figura nr. 438 Atmosfera de pe Titan. Credit NASA

Originea inelelor lui Saturn nu este cunoscută. Deși s-ar putea să fi avut inele încă de la formare, sistemele de inele nu sunt

Figura nr. 439
Suprafața satelitului Titan. Credit NASA

stabile şi trebuie să fie regenerate prin procese continue, probabil prin distrugerea unor sateliti mai mari.

Saturn are 56 de sateliţi naturali (luni). Se crede că, în jurul lui Saturn, mai există încă zeci de sateliţi ce nu s-au descoperit. Majoritatea poartă numele titanilor din mitologia greacă, restul fiind încă „nebotezaţi". Cel mai mare satelit este Titan, cu un diametru de 5150 km, fiind astfel mai mare decât al planetei Mercur.

Titan este al 17-lea satelit ca distanță față de Saturn având perioada orbitală de 15,95 zile terestre (Fig.437). A fost primul satelit cunoscut al lui Saturn, descoperit de către astronomul olandez Christiaan Huygens, în anul 1655. Acesta este al doilea satelit ca mărime din Sistemul Solar după Ganymede, satelitul lui Jupiter, și este mai mare ca volum decât planeta Mercur.

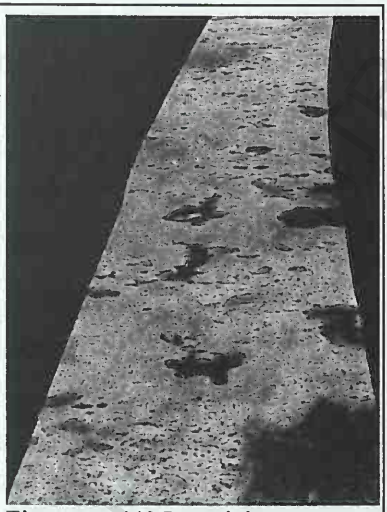

Figura nr. 440 Lacuri de hidrocarburi pe Titan

Acesta este singurul satelit natural cunoscut care are o atmosferă densă și singurul corp ceresc, altul decât Pământul, pentru care există o dovadă clară că are o suprafață lichidă [45].

Titan este format în principal din rocă și gheață. În prezent există mai multe informații despre suprafața satelitului, furizate de către sonda spațială Cassini-Huygens începând din anul 2004. Din punct de vedere geologic suprafață este tânără, fiind descoperite o serie de culmi montane, conuri vulcanice și cratere de impact la care se adaugă câteva lacuri de hidrocarburi lichide situate în zonele polare ale satelitului (Fig.439,440). Atmosfera lui Titan are o cantitate mare de azot și metan la care

se adaugă dioxid de carbon şi apă (Fig.438). Se crede că această atmosferă este foarte asemănătoare cu atmosfera primordială a Pământului înainte ca organismele vii sa producă oxigen [38].

Figura nr. 441 Planeta Uranus

Doar patru sonde spaţiale au vizitat planeta Saturn, trei doar au trecut pe lângă planetă iar una este pe orbită în jurul lui Saturn de pe 1 iulie 2004 şi va face 74 de rotaţii complete în jurul planetei.

4.6.Uranus

Uranus este a şaptea planetă de la Soare şi a treia ca mărime (diametru) din Sistemul Solar (Fig.441). Denumirea planetei vine de la numele unui vechi zeu al cerului la greci, considerat a fi tatăl lui Saturn. Uranus este o planetă descoperită în vremurile moderne (1781) de către astronomul amator, de origine germane, Frederick William Herschel. Primele observaţii asupra lui Uranus au fost făcute de către Galileo Galilei în anul 1548 dar din cauza distanţei foarte mari la care se afla nici Galilei şi nici alţi astronomi nu au considerat că este vorba de o planetă a Sistemului Solar, considerând că este

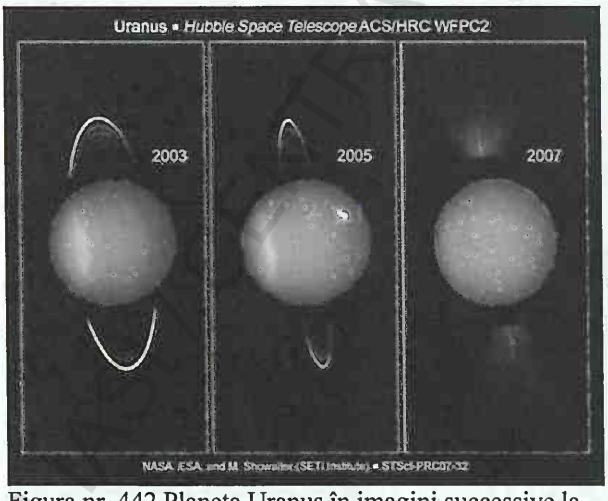

Figura nr. 442 Planeta Uranus în imagini successive la diferenţă de doi ani. Credit NASA

vorba despre o stea îndepărtată. Herschel a murit la vârsta de 84 ani, exact cât durează mișcarea de revoluție a lui Uranus, planeta aflându-se în aceeași poziție în care s-a aflat la nașterea astronomului [38].

Distanţa medie faţă de Soare este de 2.870.972.200 km, cu un minim de 2.735.560.000 km la periheliu şi un maxim de 3.006.390.000 km la afeliu.

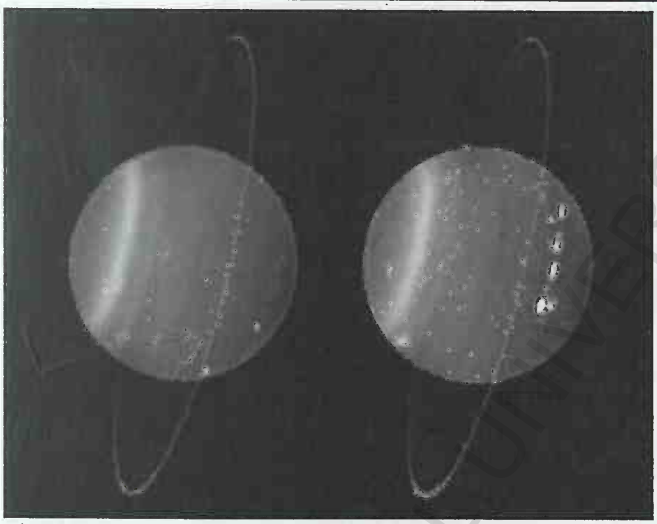

Figura nr. 443 Planeta Uranus. Credit NASA

Diametrul ecuatorial este de 51.118 km, fiind mai mare ca diametru, însă mai mică sub aspectul masei, decât Neptun. Perioada de revoluţie (anul pe Uranus) este de 83,74 ani pământeni iar cea de rotaţie (ziua pe Uranus) este de 17 ore şi 42 minute. Uranus se deplasează pe orbită cu o viteză medie de 6,83 km/sec având o mișcare de rotație de tip retrograd (în sensul de mișcare al acelor de ceasornic) [23].

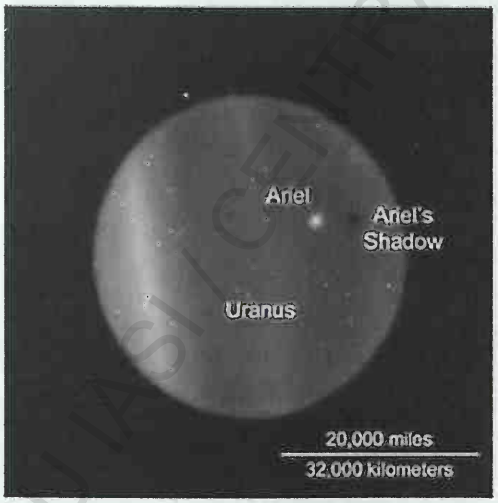

Figura nr. 444 Planeta Uranus şi satelitul Ariel. Credit NASA

Majoritatea planetelor din Sistemul Solar se învârt pe o axă aproape perpendiculară pe planul eliptic însă axa lui Uranus este aproape paralelă cu elipsa (Fig.442). Explicația preferată a astronomilor pentru această situație vizează o coliziune a planetei cu un alt corp cosmic care a răsturnat-o. Alături de Uranus suprafeţele unora

dintre sateliții săi poartă urmele unei evoluții extrem de violente, marcată de numeroase coliziuni [38].

Înclinarea axei de rotaţie faţă de perpendiculara pe orbită este de 97,86° fapt ce crează impresia că planeta se rostogolește asemenea unei mingi (Fig.443). În anul 1986 la trecerea sondei spațiale Voyager 2 pe lângă planetă, polul sud al lui Uranus era orientat aproape direct spre Soare. Uranus este compusă în mare parte din rocă şi gheaţă, având doar 15% hidrogen şi puţin heliu (în contrast cu Jupiter şi Saturn care conţin mai mult hidrogen).

Figura nr. 445 Planeta Uranus – imagini succesive din anul 2011. Credit NASA

Atmosfera lui Uranus conţine cca. 83% hidrogen, 15% heliu şi 2% metan la care se mai adaugă amoniac și apă. Ca şi celelalte planete gazoase, Uranus are grupări de nori care sunt mobile. Culoarea albastră a lui Uranus se datorează absorbţiei culorii roşii de către metan în atmosfera superioară [15].

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Ar putea exista benzi de culoare ca şi pe Jupiter însă sunt ascunse vederii de stratul protector de metan. Temperatura atmosferei, specifică presiunii de un bar, este de aproximativ -200°C. Cu ajutorul telescopului Hubbel în atmosfera lui Uranus au fost observate o serie de formaţiuni noroase cu un diametru de cca. 2000km care se deplasau cu viteze foarte mari, de peste 580 km/oră

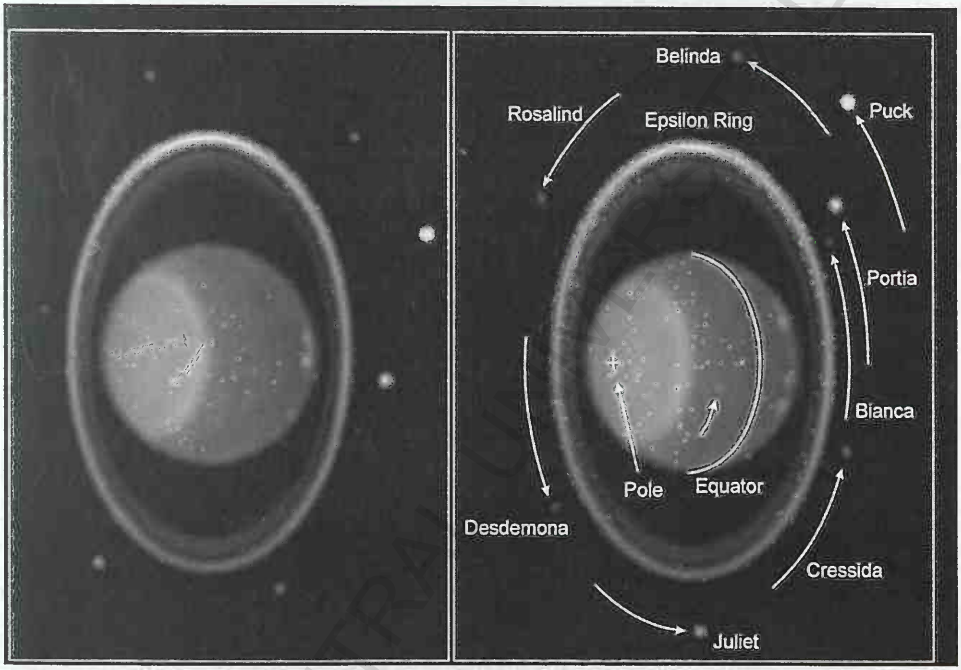

Figura nr. 446 Planeta Uranus – inele şi sateliţi. Credit NASA

(Fig.445).

Câmpul magnetic al lui Uranus nu este centrat în mijlocul planetei ci

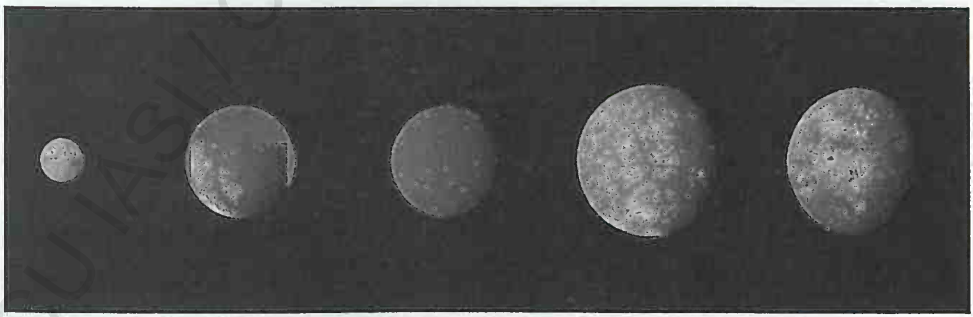

Figura nr. 447 De la stânga la dreapta cinci sateliţi uranieni: *Miranda, Ariel, Umbriel, Titania şi Oberon.* Credit NASA

dimpotrivă este înclinat cu aproape 60 de grade faţă de axa de rotaţie. Este generat probabil de un efect de dinam, rezultat din frecarea unui înveliş lichid cu învelişul exterior [23].

Asemeni celorlalte planete gazoase, Uranus are inele. Acestea sunt foarte întunecate, ca şi cele ale lui Jupiter, însă sunt compuse, pe lângă praful fin, din particule destul de mari, ca şi cele ale lui Saturn, ajungând la diametre de până la 10 m [21]. Are 11 inele cunoscute, toate slab conturate. Inelele lui Uranus au fost descoperite în anul 1977, fiind primele inele identificate la altă planetă în afara lui Saturn. Această descoperire s-a dovedit extrem de importantă, relevând faptul că inelele sunt caracteristici ale planetelor şi nu doar lui Saturn. Uranus are cca. 27 de sateliţi ce au fost botezati după personaje din piesele lui Shakespeare (Fig.444, 446, 447). Cel mai mare este Titania, cu un diametru de 1577,8 km. Opt sateliţi de dimensiuni reduse au fost decoperiţi în anul 1986, cu ocazia apropierii de Uranus a sondei spaţiale Voyager 2 [38].

4.7.Neptun

Neptun este a 8-a planetă de la Soare şi a 4-a ca mărime (după diametru) din Sistemul Solar (Fig.448). Denumirea acestei planete a fost dată după numele zeului mărilor la Romani. Primele observaţii astronomice asupra acestui corp cosmic au fost făcute încă de pe vremea lui Galilei dar acesta credea că este vorba de o stea. Abia în anul 1846 existenţa acestei planete a fost confirmată de Johann Gottfried Galle de la observatorul astronomic din Berlin.

Figura nr. 448 Planeta Neptun. Credit NASA

Deoarece se află la o distanţă foarte mare de Pământ, observarea acestei planete este

extrem de dificilă fiind nevoie de telescoape extrem de performante. Neptun are un diametru mai redus decât Uranus dar beneficiază de o masă mai mare. Distanţa medie faţă de Soare este de 4.498.252.900 km, cu un minim la periheliu de 4.459.630.000 km şi un maxim la afeliu de 4.536.870.000 km. Diametrul ecuatorial este de 49.528 km, perioada de revoluţie este de 164,8 ani iar cea de rotaţie de 16 ore şi 7 minute [15]. Viteza medie cu care planeta se deplasează pe orbită este de 5,47 km/sec, mişcarea realizându-se în sens invers acelor de ceasornic (prograde). Înclinarea axei faţă de perpendiculara pe orbită este de 29,56° fapt ce determină formarea unor alternanţe în expunerea diferitelor sectoare la radiaţia solară.

Planeta Neptun a fost vizitată doar de sonda spaţială Voyager 2 în luna august din anul 1989. Majoritatea imaginilor de mare rezoluţie au fost obţinute cu ajutorul acestei sonde. Ulterior sau adăugat observaţiile efectuate cu ajutorul telescopului spaţial Hubble, observaţii care au avut un rol extrem de important în cunoaşterea acestei planete [38].

Neptun are o compoziţie similară planetei Uranus, cu numeroşi "gheţari" şi rocă la care se adaugă cca. 15% hidrogen şi puţin heliu. Nu are o stratificare internă dar există totuşi un nucleu mic (de dimensiunea Pământului) din rocă. Deşi distanţa lui Neptun faţă de Soare este de 1,5 ori mai mare decât distanţa lui Uranus, observaţiile făcute asupra fluxului termic din atmosfera lui Neptun au indicat temperaturi asemănătoare cu cele de pe Uranus. Această situaţie poate fi explicată doar printr-un flux termic intern mult mai mare in comparaţie cu Uranus având în vedere faptul că primeşte de

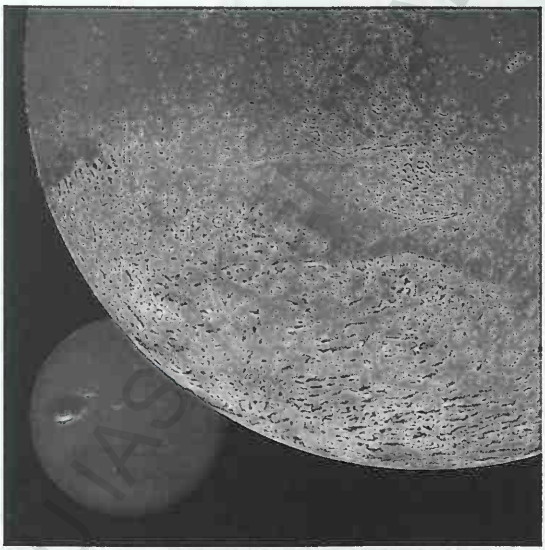

Figura nr. 449 Neptun şi satelitul Triton - Credit NASA

2,5 ori mai puțină căldură solară decât aceasta. Raportul dintre căldura internă și căldura primită de la Soare are valoarea cea mai mare dintre toate planetele Sistemului Solar. Măsurarea fluxului termic al planetei Neptun a făcut posibilă estimarea temperaturilor interne ale acestei planete.

Straturile externe ale lui Neptun sunt constituite din hidrogen, heliu și metan iar cele interne se pare că sunt lichide constituite din apă și amoniac aflate la temperaturi de cca. 4700°C. Starea lichidă este menținută de o presiune foarte ridicată care nu permite evaporarea apei. Densitatea mai mare cu cca. 50% decât densitatea planetei Uranus are o explicație încă necunoscută dar se crede că nucleul lui Neptun este constituit din rocă și are temperaturi de cca. 5100°C [23].

Atmosfera planetei este constituită din 76% hidrogen, 22% heliu și 2% metan la care se adaugă amoniac (NH_3), hidrosulfit de amoniu (NH_4SH) și hidrogen sulfurat (H_2S). Neptun are o culoare albastră datorată absorbției culorii roșii de către metanul din atmosferă. Ca orice planetă de gaz, Neptun are furtuni puternice. Vânturile de pe Neptun sunt cele mai rapide din Sistemul Solar și ating 2000 km/oră. Temperatura atmosferei, la presiunea de 1 bar, este estimată la cca. -200°C. Câmpul magnetic este ciudat orientat (ca și la Uranus), cu o înclinație de cca. 47° față de axa de rotație și generat probabil de mișcări de fluid din interior [15], [38].

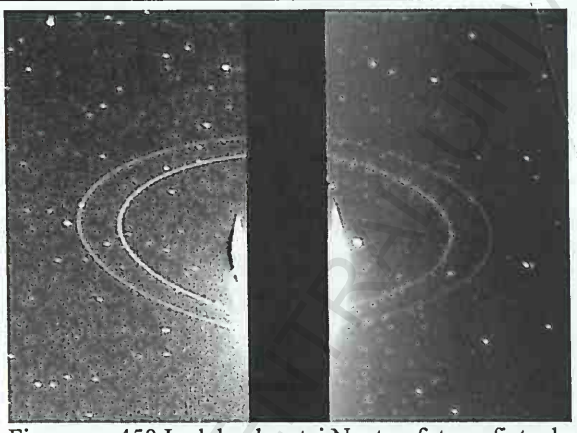

Figura nr. 450 Inelele planetei Neptun fotografiate de sonda Voyager 2 în anul 1989. Credit NASA

Neptun are șase inele întunecate constituite din gheață, silicați și material carbonic (Fig.450) [21]. Până în prezent au fost descoperiți 13 sateliți de dimensiuni reduse, cel mai mare fiind Triton cu un diametru de 2706 km (Fig.449). Până în anul 1989, când sanda spațială Voyager 2 a ajuns în preajma

planetei Neptun, se credea că Triton este cel mai mare satelit din Sistemul Solar, deoarece reflecta o cantitate de lumină foarte mare, în comparație cu alți sateliți. După ce au fost făcute primele observații asupra lui Triton cercetătorii și-au dat seama că de fapt Ganymede rămâne cel mai mare satelit din Sistemul Solar iar principala cauză a strălucirii lui Triton este albedoul său cu valoare de 0,7, considerat a fi foarte ridicat.

Modelările făcute asupra traiectoriei și orbitei pe care se mișcă acest satelit au indicat o posibilă coliziune a lui Triton cu planeta Neptun care se va realiza în cca. 10 - 100 milioane ani. Există ipoteza conform căreia Triton a fost un asteroid din centura Kuiper care a fost deviat de pe traiectorie de Pluto și a fost captat de gravitația lui Neptun. Importanța acestui satelit pentru Sistemul Solar este mare deoarece deține o atmosferă cu o importantă cantitate de azot molecular, categorie din care mai face parte Pământul, Titan și Pluto. Temperatura de la suprafața lui Triton este de -235°C, fiind printre cele mai reci corpuri din Sistemul Solar [45].

5. Planetele pitice din Sistemul Solar

După descoperirea planetei Eris în anul 2005 au existat numeroase opinii cu privire la clasificarea acesteia. Dintre acestea s-au desprins două direcții generale de abordare: prima este legată de considerarea planetei Eris ca fiind a zecea planetă de la Soare (argumentul cel mai important fiind acela că este apropiată ca mărime de planeta Pluto) și cea de-a doua abordare care considera că Eris nu este altceva decât un asteroid mare, la fel ca multe alte

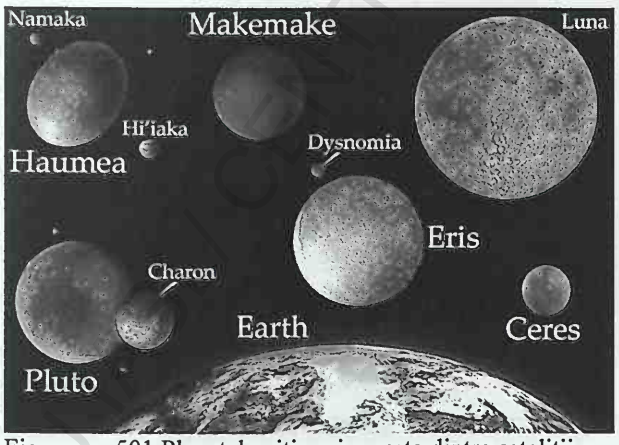

Figura nr. 501 Planetele pitice și o parte dintre sateliții acestora – imagine pentru comparație cu Pământul și Luna. Credit NASA

corpuri din centura Kuiper. Cele două curente de opinie s-au confruntat în cadrul unei reuniuni internaţionale care a avut loc la data de 24 august 2006. Ca urmare a dezbaterilor intense a fost luată o hotărâre de mediere a celor două curente conform căreia Uniunea Astronomică Internaţională a redefinit termenul de "planetă" ca fiind un corp ceresc care îndeplineşte următoarele condiţii: orbitează în jurul unei stele centrale, de exemplu în jurul Soarelui nostru; are o masă suficientă astfel încât forţa gravitaţională să îi confere o formă aproximativ sferică; nu suferă în interiorul său reacţii de fuziune nucleară; "curăţă" spaţiul cosmic din vecinătatea orbitei sale [38].

Corpurile cereşti care îndeplinesc primele trei condiţii dar nu şi pe a patra şi nu sunt sateliţi sunt considerate planete (pitice). Având în vedere acest aspect, planeta Pluto care în perioada 1930 – 2006 a fost considerată a noua planetă de la Soare şi-a pierdut statutul de planetă, fiind considerată planetă dwarf (pitică).

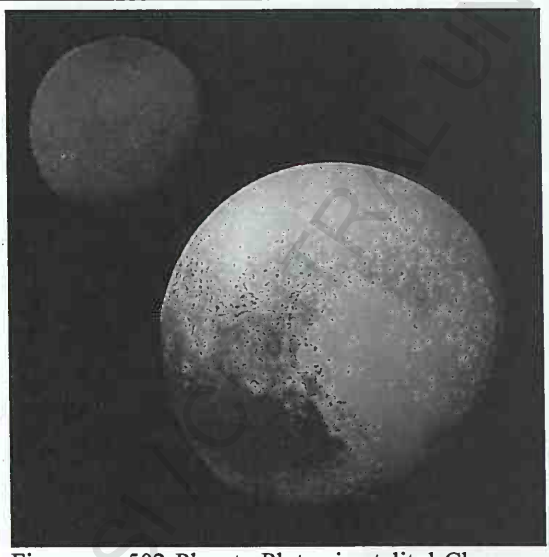

Figura nr. 502 Planeta Pluto şi satelitul Charon – imagine luată de sonda New Horizons în luna iulie 2015. Credit NASA

Alături de Pluto se mai află Eris, Ceres, Makemake, Haumea şi altele care vor fi decopeerite în viitor (Fig.501).

5.1.Pluto

Este mai mică decat şapte sateliţi din Sistemul Solar (Luna, Io, Europa, Ganymede, Callisto, Titan şi Triton). Distanţa medie faţă de Soare este de 5.906.000.000km, diametrul ecuatorial este de 2390km, perioada de revoluţie este de 247,7 ani iar cea de rotaţie de 6,3 zile (Fig.502).

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

În mitologia romană, Pluto a fost zeul lumii de dincolo. Planeta a primit acest nume fiindcă este foarte departe de Soare şi este mereu în întuneric. Pluto a fost descoperită în anul 1930 şi până în prezent a fost vizitată de o singură sondă spaţială (New Horizons) care a furnizat o serie de fotografii de mare rezoluţie. Telescopul Spaţial Hubble poate identifica doar caracteristicile mai mari de pe suprafaţa sa.

Figura nr. 503 Satelitul Charon - imagine luată de sonda New Horizons în luna iulie 2015. Credit NASA

Planeta Pluto este un corp cosmic contrastant, având orbita foarte excentrică. La anumite intervale de timp este mai apropiată de Soare decat Neptun (aşa cum a fost din Ianuarie 1979 pană în Februarie 1999). Pluto se roteşte în direcţie opusă faţă de marea majoritate a celorlalte planete [15]. Temperatura suprafeţei pe Pluto variază între -235° C şi -210° C. Cele mai "calde" zone de pe planetă corespund regiunilor care par mai închise în imaginile luate cu telescopul Hubble.

Compoziţia lui Pluto este necunoscută, dar densitatea sa (cca. $2g/cm^3$) indică faptul că este o mixtură de 70% roci şi 30% apă îngheţată, la fel ca Triton. Suprafeţele luminoase par să fie acoperite cu gheaţă, la care se adaugă metan (solid) şi monoxid de carbon. Compoziţia regiunilor întunecate ale suprafeţei lui Pluto este necunoscută dar poate fi datorată materialului cosmic primordial sau reacţiilor date de razele cosmice. Atmosfera lui Pluto este constituită probabil din metan (CH_4) şi azot (N_2). Este foarte subţire iar presiunea pe suprafata sa este de doar caţiva microbari [15], [38].

B.C.U. „M. EMINESCU" IAŞI GEO. OSIE-GEOGRAFIE

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

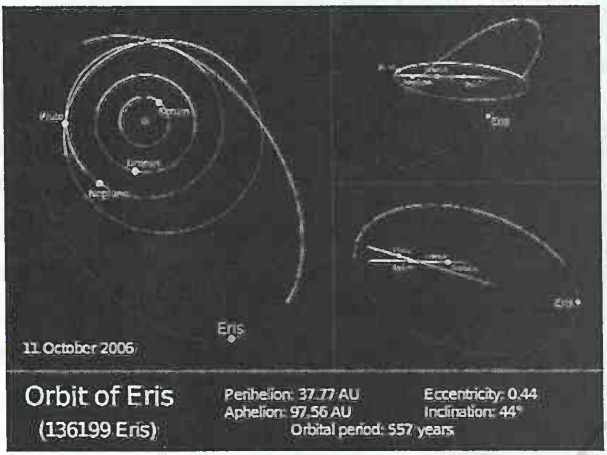

Figura nr. 504 Poziția planetei Eris pe orbită în octombrie 2006. Credit NASA

Planeta Pluto are cinci sateliți naturali, dintre care cel mai mare este numit Charon cu un diametru de 1186 km (Fig.503). Ceilalți patru sateliți sunt de dimensiuni reduse cu diametre cuprinse între 25 și 167 km (Nix, Hydra, Kerberos și Styx).

5.2.Eris

Planeta pitică a fost descoperită în anul 2005 de doi astronomi americani de la observatorul Palomar de la nord de San Diego, California (Fig.504). Numele a fost dat după zeița discordiei la greci. Diametrul apreciat în momentul descoperirii era de 2400 km (±100 km). Recent, conform unor studii publicate în anul 2011, diametrul acestei planete a fost estimat la 2326 km (±12 km). Perioada de revoluție este de 557,2 ani iar cea de rotație este de aproximativ 8 ore. Distanța medie față de Soare este de 10.168.000.000km (10,1mld km) mișcându-se pe o orbită foarte eliptică cu o viteză de 3,43 km/sec. Densitatea medie este de 2,5 g/cm^3 iar temperatura la suprafața sa este situată între -217 și -243°C în funcție de distanța față de Soare. Planeta Eris are un satelit natural numit Dysnomia [47], [49].

Figura nr. 505 Planeta pitică Makemake văzută cu telescopul Hubble. Credit NASA

BCU CLUJ CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

5.3.Makemake

Planeta pitică a fost descoperită în anul 2005 de aceeași astronomi care au descoperit planeta Eris. Numele a fost dat după creatorul omenirii și zeul fertilității din mitologia Rapanui din insula Paștelui (Fig.505). Planeta aparține, la fel ca și Eris, centurii Kuiper (obiectelor transneptuniene). Are un diametru estimat între 1360 și 1480km și se află la o distanță medie de Soare de 6.800.000.000km. Perioada de revoluție (anul pe Makemake) este de 309,8 ani iar cea de rotație (ziua) este de 7,8 ore. Densitatea medie este estimată la 1,7g/cm^3 iar temperatura de la suprafața planetei este estimată la -220°C. Până în prezent nu au fost identificați sateliți naturali ai acestei planete [47].

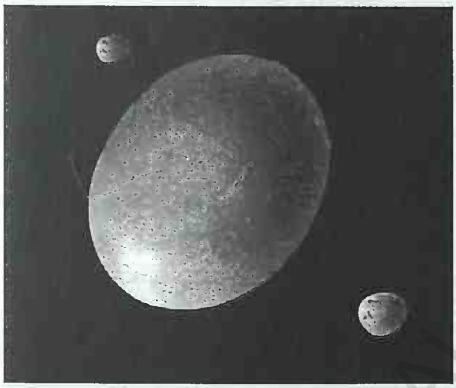

Figura nr. 506 Haumea și sateliții Hi`iaka și Namaka. Credit NASA

5.4.Haumea

Planeta pitică a fost descoperită în anul 2004 de astronomii observatorului Palomar, aceiași care au descoperit planetele Eris și Makemake (Fig.506). Numele acestei planete a fost dat după zeița fertilității din mitologia hawaiană. Aparține centurii Kuiper (obiectelor transneptuniene). Are o formă pronunțat elipsoidală cu dimensiuni estimate de 1960 x 1518 x 996km. Distanța medie față de Soare este de 6.452.000.000km, perioada de revoluție este de 283,3 ani iar cea de

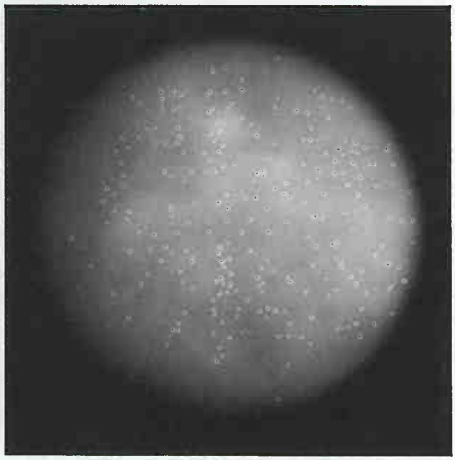

Figura nr. 507 Planeta Ceres. Credit NASA

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

rotație de aproximativ 4 ore. Densitatea medie a planetei este estimată a fi cuprinsă între 2,6 și 3,3g/cm^3. Spre deosebire de Makemake, are doi sateliți naturali numiți Hi'iaka și Namaka [38], [47].

5.5.Ceres

A fost descoperită în anul 1801 și a fost considerată asteroid până în anul 2006 cand a fost inclusă în categoria planetelor pitice (Fig.507). A fost primul asteroid observat cu ajutorul unui telescop și botezat după numele unei zeite din mitologia Romană. Este cea mai apropiată planetă pitică de Soare, fiind cel mai mare corp cosmic identificat până în prezent ce aparține centurii de asteroizi situată între planetele Marte și Jupiter. Se consideră că masa planetei Ceres deține mai mult de o treime din masa totală a tuturor asteroizilor situați între cele două planete.

Are un diametru ecuatorial de 974km (±3km). Distanța medie față de Soare este de 413.690.250km iar mișcarea de revoluție (anul pe Ceres) se realizează în 4,6 ani tereștri. Viteza de deplasare pe orbită este de 17,8 km/s iar mișcarea de rotație (ziua pe Ceres) se realizează în 9 ore. Densitatea medie a planetei este apreciată la 2g/cm^3 fiind constituită din rocă și gheață la fel ca și asteroizii din vecinătate. Până în anul 2013 nu a fost identificat un satelit natural al acestei planete pitice [38], [47].

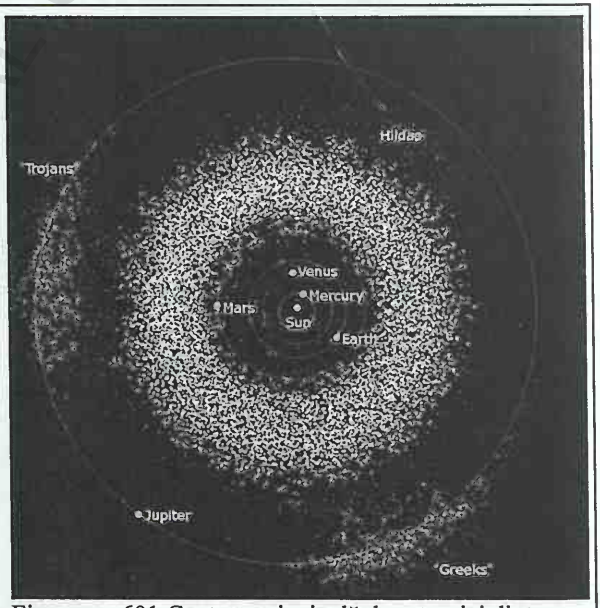

Figura nr. 601 Centura principală de asteroizi dintre Marte și Jupiter. Credit NASA

6.Asteroizii și meteoriții

Sunt corpuri constituite din rocă sau fier

ale căror diametre nu depășesc 1000 km și care gravitează în jurul Soarelui pe orbite cu traiectorii dintre cele mai diverse. Primul asteroid descoperit a fost Ceres (actuala planetă pitică), observat pentru prima data în anul 1801, de către Giuseppi Piazzi un călugăr sicilian care făcea observații la telescopul regal din Palermo. Ulterior, în anul 1802, a fost descoperit asteroidul Pallas, urmat de Juno în 1804 și Vesta în 1807. Aceste descoperiri au făcut ca astronomii să înțeleagă că, în afara planetelor, există o altă categorie de obiecte numite asteroizi (stelate).

Cel mai vechi grup de asteroizi identificat a fost cel aferent centurii principale de asteroizi dispusă între planetele Marte și Jupiter. Majoritatea asteroizilor din această centură sunt situați la distanțe cuprinse între 330 și 500 milioane km față de Soare. Timp de aproape 100 ani (până în anul 1900) au fost descoperiți 463 de asteroizi. Ulterior numărul acestora a crescut foarte mult, ajungându-se la performanța descoperii în anul 1998 a cca. 5000 de asteroizi noi, pe parcursul a 15 zile. În anul 2000 au fost descoperiți 40607 noi asteroizi fiind anul cu cele mai multe descoperiri de acest fel din istorie. În anul 2006 erau cunoscuți peste 180000 de asteroizi dintre care cca. 60% aveau un nume [10]. Se consideră că în Sistemul Solar există peste 1 milion de asteroizi cu un diametru mai mare de 1 km. Masa totală a asteroizilor ce fac parte din centura principală de asteroizi dintre Marte și Jupiter este de 1/1000 din masa Pământului (Fig.601). Formarea acestor asteroizi a avut loc simultan formării planetelor din Sistemul Solar. Există ipoteze conform cărora asteroizii din centura principală s-au format prin distrugrerea unei planete care s-ar fi aflat pe această orbită între Marte și Jupiter, însă această posibilitate ramâne una dintre multiplele alte posibilități.

Figura nr. 602 Pădure doborâtă de suflul exploziei determinată de asteroid (Tunguska)

Denumirea acestora este extrem de variată utilizându-se nume din mitologia clasică dar și nume ale unor personalități recente, nume de plante, regiuni, culori sau chiar utilaje. Din totalul asteroizilor cunoscuți aproximativ 150 de asteroizi constituie sisteme binare în care două corpuri de dimensiuni apropiate se rotesc unul în jurul celuilalt sau chiar sisteme triple în care două corpuri gravitează în jurul celui de-al treilea. Din punct de vedere al constituției mineralogice asteroizii se grupează în trei mari categorii: C, S și M. Majoritatea asteroizilor aparțin categoriei „C" (chondrite) și sunt constituiți din silicați prinși într-o matrice eterogenă închisă la culoare [3]. Asteroizii ce aparțin categoriei „S" (în engleză „stony") sunt constituiți din silicați, fier și nichel iar asteroizii ce aparțin categoriei „M" (metalic) sunt constituiți din fier și nichel [38].

Figura nr. 603 Meteoriții de la Mociu, jud. Cluj și Pleșcoi, jud. Buzău. Credit - Muzeul de mineralogie al UBB Cluj Napoca

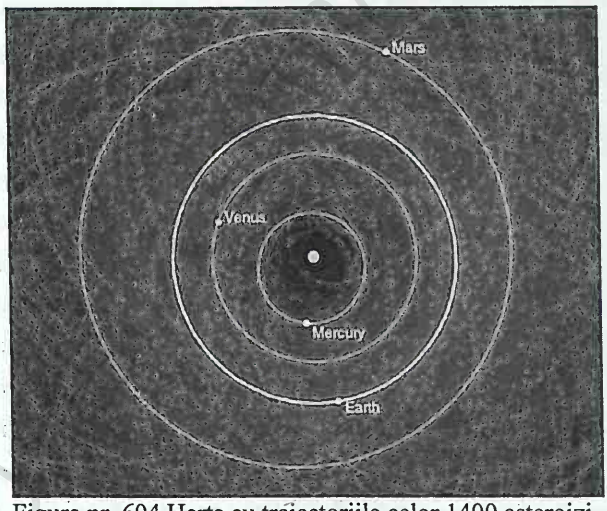

Figura nr. 604 Harta cu traiectoriile celor 1400 asteroizi care pot să amenințe Terra. Credit NASA

Spre deosebire de comete asteroizii nu emană gaz care să se disipeze în spatele corpului principal formând acea coadă specifică deși, recent, au fost observați câțiva asteroizi care prezintă un nimb gazos si care se află oarecum într-

un stadiu de trecere de la cometă la asteroid [3]. Este foarte probabil ca asteroizii să se fi format în partea internă a Sistemului Solar acolo unde s-au format și planetele telurice spre deosebire de comete care au un conținut volatil (gazos sau lichefiat) de apă și dioxid de carbon și care s-au format spre exteriorul Sistemului Solar, în apropierea planetelor gazoase.

Asteroizii reprezintă fragmentele de rocă cu dimensiuni mai mari în timp ce fragmentele cu dimensiuni mai mici sunt denumite meteoroide. Încă nu există o limită clară care să separe asteroizii de meteoroide. Meteoroidele care au căzut pe Terra sunt considerate meteoriți. Formarea meteoroidelor este strâns legată de coliziunile produse între diferiți asteroizi sau dintre asteroizi și alte corpuri (planete, sateliți etc). Recent s-a demonstrat că unii asteroizi de mari dimensiuni și de formă neregulată (6 Hebe, 4 Vesta) au în preajma lor zeci de milioane de asteroizi mai mici și meteoroide care constituie sursa de meteoriți ce intră în coliziune cu Terra [10]. Lumina apărută pe bolta cerească la contactul unui meteorit de dimensiunea "grăunțelor" cu atmosfera Pământului poartă denumirea de "meteor". Atunci când în atmosfera Terrei pătrund fragmente mai mari acestea produc un fenomen optic mult mai pronunțat numit "minge de foc".

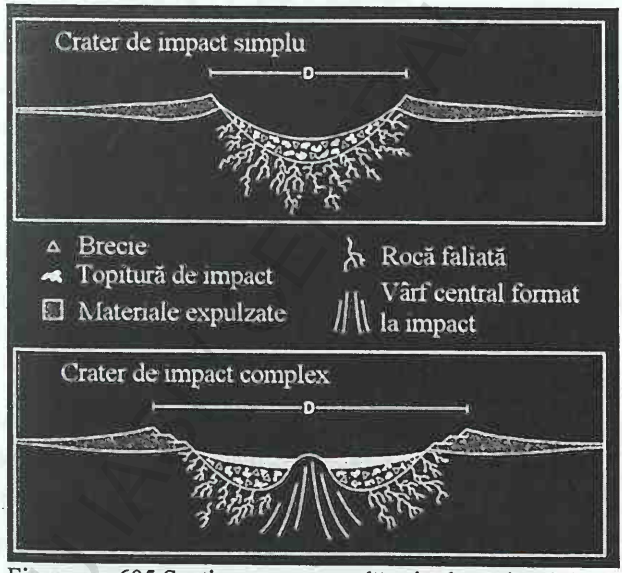

Figura nr. 605 Secțiune transversală prin două tipuri de cratere de impact

Foarte mulți meteoriți intră în contact cu Pământul, fiind determinată o medie de cca. 300000 de meteoriți pe an. Cele mai vechi observații asupra căderilor de meteoriți au rămas încă de acum 3500 ani când a căzut un meteorit în Creta. Ulterior au existat numeroase dovezi ale existenței acestora în

diferite regiuni ale lumii.

Cele mai ample efecte ale unor căderi din perioada contemporană au avut loc în anul 1908 în RUSIA siberiană, în apropiere de Tunguska, unde a explodat un meteorit de cca. 60 m în diametru. Ca urmare a acestei explozii o suprafață de cca.1800 km^2 de pădure a fost doborâtă sau arsă (Fig.602). Deși efectele au fost extrem de ample, datorită densității reduse a populației din acea zonă au murit doar doi oameni.

Cele mai multe victime provocate de căderea unui meteorit au fost înregistrate în 15 februarie 2013 în zona orașului Chelyabinsk din Rusia. Bolidul care a pătruns în atmosfera terestră a avut un diametru de cca. 17 m și s-a deplasat cu viteza de 18 km/s, de 22 ori mai mare decât viteza unui glonț. După pătrunderea în atmosferă, din cauza supraîncălzirii și arderii acestuia, a avut loc o fragmentare în mai multe bucăți incandescente care au produs o lumină mai intensă decât lumina Soarelui. Explozia a avut loc la o altitudine cuprinsă între 70 și 30 km în apropierea orașului Chelyabinsk iar unda de șoc a ajuns în oraș după 2 minute și 57 secunde. Martorii povestesc că au văzut o minge de foc după care a urmat un bum sonic. Unda de șoc a dus la spargerea geamurilor mai multor clădiri fapt ce a cauzat rănirea a cca. 1200 oameni dintre care 160 erau copii. Martorii povestesc că după explozie în tot orașul se simțea miros de praf de pușcă, alarmele mașinilor s-au declanșat, rețeaua de telefonie mobilă nu a mai funcționat iar panica a fost generală. Meteoritul de la Chelyabinsk este considerat a fi cel mai mare meteorit care a lovit Pământul după evenimentul de la Tunguska din 1908.

Din analizele făcute asupra unui număr mare de meteoriți a rezultat faptul că aceștia pot fi clasificați în trei categorii: meteoriți litici (pietroși) care dețin 92% din total, meteoriți sideritici (metalici) care dețin 6% din total și meteoriți sidero-litici (micști) care dețin 2% din total [43].

În România, de-a lungul timpului, au fost semnalate mai multe căderi de meteoriți însă, dintre acestea, în doar 10 cazuri fenomenul este bine cunoscut și materialul meteoritic a fost păstrat în colecții din țară (Tab.601). Este vorba de meteoritul de 23 kg căzut la Mădăraș (jud. Mureș) la data de 4 septembrie 1852, meteoritul de 16 kg de la Ohaba (jud. Alba) cazut la data de 10 octombrie 1857, meteoritul de 0,6 kg de la Kakova (Gradinari, jud. Caraș-

BCU CLUJ CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Severin) căzut la 19 mai 1858, meteoritul de 0,5 kg de la Zsadany (Cornești, jud. Timiș) cazut la data de 31 martie 1875, meteoritul de 36 kg de la Mociu (jud. Cluj) căzut la data de 3 februarie 1882, meteoritul de 1kg de la Șopot (jud. Dolj) căzut la 27 aprilie 1927, meteoritul de 21 kg de la Tăuți (jud. Arad) căzut în august 1937, meteoritul de 7 kg de la Pleșcoi (jud. Buzău) căzut în data de 12 iunie 2008, etc. (Fig.603) [31], [32].

Figura nr. 606 Cratere de impact pe Lună. Credit NASA

Singura colecție sistematică de meteoriți din România se găsește la Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj Napoca. Colecția conține cca. 230 eșantioane provenite din România și străinătate [32].

Cercetătorii din cadrul NASA au realizat o hartă cu traiectoriile a cca. 1400 asteroizi cunoscuți cu diametre mai mari de 200m care se pot apropia de Terra și au constatat că nu există nici un pericol de coliziune în următorii 100 ani (Fig. 604).

Figura nr. 607 Craterul meteoritic Barringer Arizona. Credit M. Wadhwa

Asteroizii și meteoriții sunt corpuri cu importanță majoră pentru Pământ deoarece la scara timpului geologic au existat numeroase coliziuni în urma cărora au rămas urme geomorfologice (cratere de impact) dar mai ales, au existat schimbări majore ale geosistemului, cu influență asupra evoluției speciilor

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

(dispariția dinozaurilor etc.), (Fig.605). Primele ipoteze în legatură cu posibilitatea existenței unor cratere de impact pe Lună au apărut la începutul secolului a XIX-lea, fiind formulate de astronomul german Franz von Paula Gruithuisen (Fig.606). Abia la începutul secolului al XX –lea au fost căutate cratere de impact și pe Terra. Primul crater care a atras atenția a fost craterul Barringer sau "Craterul Meteor" din Arizona care este cel mai bine conservat crater de impact de pe Terra (Fig.607). Acesta are un diametru de 1,25km, o adâncime de 180m și o margine ridicată cu aproximativ 45m deasupra suprafeței topografice din jur. Asteroidul care a format acest crater avea un diametru de cca. 50m și a lovit suprafața cu o viteză de cca. 19 km/s. Vechimea acestui crater este estimată la cca. 50000 ani [43].

Pe suprafața Terrei craterele de impact sunt mult mai rare decât cele de pe suprafața Lunii sau altor planete și sateliți naturali ai Sistemului Solar. Această situație este cauzată în primul rând de mișcarea plăcilor tectonice dar și de intensele procesele de eroziune și sedimentare. Un impact major asupra Pământului l-a avut un asteroid care a lovit planeta acum cca. 65 milioane de ani și care a dus la extincția dinozaurilor. Craterul rezultat în urma coliziunii a fost denumit Chicxulub, are un diametru de peste 180km și se află în peninsula Yucatan (Fig.608). Asteroidul care a format acest crater avea un diametru de cca. 10km și a degajat o energie de 2 milioane de ori mai puternică decât energia celei mai mari bombe atomice construită vreodată. Cel mai mare crater de impact cunoscut pe Pământ este Vredefort din Africa de Sud cu un diametru de cca. 300km și o vechime de aproximativ 2 mld ani (Fig.609).

Figura nr. 608 Craterul de impact Chicxulub. Prelucrare după Google Earth

La nivelul anului 2012, pe Terra existau confirmate cca. 183 de cratere de impact (Earth Impact Database). Este de remarcat faptul că pe teritoriul României nu au fost identificate cratere de impact (nu s-au păstrat). O posibilă cauză este legată de repetatele transgresiuni marine din diferitele regiuni de podiș și câmpie care au indus

procese de sedimentare ce au acoperit eventualele urme [43].

Primele misiuni spațiale efectuate în anii '60 ai secolului al XX-lea au stat la baza cartografierii suprafeței Lunii, acțiune ce s-a dovedit extrem de importantă deoarece, pentru prima data, cercetătorii și-au dat seama de amploarea pe care o aveau craterele de impact în cadrul reliefului selenar. Toate planetele, sateliții și chiar asteroizii din Sistemul Solar prezintă urmele unui intens bombardament meteoritic care a caracterizat perioada de formare a acestora. Planetele telurice Mercur și Marte au cele mai multe cratere de impact păstrate. Această situație este în concordanță cu gradul de stabilitate al scoarței planetare. În comparație cu acestea, planeta Pământ prezintă mult mai puține cratere de impact deoarece beneficiază de o intensă activitate tectonică. Se consideră că în cadrul bazinelor oceanice nu există cratere de impact mai vechi de 200 mil ani deoarece aceasta este rata de consum a plăcilor tectonice prin subducție. Prin urmare, craterele localizate pe continente rezistă un timp mult mai îndelungat însă și în acest caz, există o serie de agenți de modelare externi care pot să le "șteargă".

Figura nr. 609 Craterul Vredefort din Africa de Sud. Google Earth

Relieful aferent craterelor de impact este rezultatul implicării în procesul de formare a unor energii uriașe. În momentul impactului temperatura poate ajunge la milioane de grade Celsius iar presiunea la milioane de bari. Dacă un asteroid este captat de unda gravitațională a unei planete, va traversa atmosfera acesteia care poate fi una foarte densă, ca în cazul planetei Venus, situație în care aceasta încetinește bolidul și-l fragmentează sau poate fi una rarefiată ca în cazul planetelor Mercur și Marte, situație în care acesta va fi afectat foarte puțin prin ardere si va lovi cu viteză foarte mare scoarța.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabelul nr. 601 Meteoriţii căzuţi pe teritoriul României după *Stanciu şi Stoicovici* (1943), *Savu* (1959), *Maxim* (1968), *Graham et al.* (1985), *Iancu et al.*, 1995, 2005, *Brandstätter et al.*, 2013

Nr.	Nume	Data căderii	Locul căderii	Denumirea actuală a locului de cădere	Greutatea totală recuperată	Clasa şi tipul
1	**Mezö-Mădăraş** (sinonim Mădăraş)	4.09.1852, orele 16:30, ploaie meteoritică	**Mădăraş**, judeţul Mureş	**Sat Mădăraş, comuna Band**	22,7 kg	Chondrit, **L3**
2	**Ohaba**	10.10.1857, orele 00:15	**Ohaba**, Judeţul Alba	**Sat Ohaba, comuna Ohaba**	16,25 kg	Chondrit, **H5**
3	**Kakowa** (sinonim Cacova)	19.05.1858, orele 08:00	**Cacova**, judeţul Carş-Severin	**Sat Grădinari, comuna Grădinari**	577 g	Chondrit, **L6**
4	**Zsadany** (sinonim Jădani)	31.03.1875, orele 15:00-16:00, ploaie meteoritică	**Jădani**, judeţul Timiş	**Sat Corneşti, comuna Orţişoara**	552 g	Chondrit, **H5**
5	**Mocs** (sinonim Mociu)	3.02.1882, orele 16:00, ploaie meteoritică	Mocs, judeţul Cluj	**Sat Mociu, comuna M ociu**	300 kg	Chondrit, **L5-6**
6	**Sopot**	27.04.1927, orele 12:00-13:00, ploaie meteoritică	**Sopot**, judeţul Dolj	**Sat Sopot, comuna Sopot**	958 g	Chondrit, **H5**
7	**Tăuţi**	iulie sau august 1937, ploaie meteoritică	**Tăuţ**, judeţul Arad	**sat Tăuţ, comuna Tăuţ**	21 kg	Chondrit, **L6**
8	**Pleşcoi**	12.06.2008	**Pleşcoi**, judeţul Buzău	**sat Pleşcoi, comuna Berca**	6,913 kg	Chondrit, **L5-6**
9	**Tuzla**	găsit	**Tuzla**, judeţul Constanţa	**sat Tuzla, comuna Tuzla**	236 g	Chondrit, **L5-6**
10	**Gresia**	găsit în 1990	**Gresia**, judeţul Teleorman	**sat Gresia, comuna Stejaru**	26,9 kg	Chondrit, **H4**

În momentul coliziunii, uriaşa presiune va determina o compresiune a

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

rocilor scoarței terestre și împingerea acestora spre exterior. În următoarea fază scoarța se va decomprima și va expulza o mare cantitate de material formând o cavitate circulară. Materialele puternic transformate prin topire parțială (impactite) vor fi proiectate la mare înălțime și vor cădea ulterior în crater și în împrejurimi. În același timp rocile învecinate vor suporta un intens proces de fracturare cu apariția unor fracturi circulare. La finalul procesului, în anumite situații, are loc o mișcare de ridicare a fundului craterului ca efect al detensionării bruște a rocilor, ce are ca rezultat apariția unui dom central (Fig.605).

Materialele rezultate în urma impactului sunt clasificate în *tectite, suevite și topituri de impact*. Tectitele reprezintă produsele de impact cele mai reprezentative având un aspect sticlos, de culoare închisă ce au în compoziție minerale specifice presiunilor ridicate cum ar fi coesitul, baddeleitul, etc. Prezintă o varietate morfologică mare, de la forme de picături la cele sferice cu dimensiuni ce pleacă de la cele submilimetrice și ajung până la 20 cm. Au fost găsite în solurile continentale dar și în sedimentele marine fiind proiectate la distanțe de până la câteva sute de kilometrii față de zona de impact.

Suevitele reprezintă brecii de impact formate din fragmente angulare, rar rotunjite, de diferite compoziții petrografice și cu dimensiuni foarte variabile la care se adaugă fragmente sticloase, toate înglobate într-o matrice fin granulară. Fragmentele sticloase s-au format prin topirea rocilor supuse unor temperaturi foarte ridicate și răcirea bruscă a acestora.

Topiturile de impact reprezintă rocile compacte cristaline formate prin topirea instantanee a rocilor scoarței terestre de pe fundul craterului [10].

La nivelul planetei noastre procesele și fenomenele generate de impactul asteroizilor cu scoarța terestră sunt mult mai ample dacât cele legate strict de morfogeneză (crearea craterelor de impact). O serie de simulări făcute cu ajutorul modelelor la scară redusă, generate de o serie de softuri, au permis estimarea efectelor induse de coliziunea cu un corp de dimensiuni mari. Astfel, ca urmare a impactului, o mare cantitate de material fin (praf) este eliberată în atmosferă impiedicând radiația solară să ajungă în parametrii obișnuiți la sol. Praful poate să rămână în atmosferă timp de câteva luni de zile timp în care vizibilitatea și temperatura de la nivelul solului scad foarte mult, afectând

BOUN SIC CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

procesul de fotosinteză de la nivelul vegetației, aspect care poate duce la dispariția unei mari cantități de masă vegetală care influențează lanțul trofic.

Ca urmare a impactului se pot produce incendii care afectează la rândul lor vegetația și fauna de pe uscat degajând în atmosferă o uriașă cantitate de fum care obstrucționează la rândul său radiația solară. În situația în care impactul are loc în mediul marin (cu o probabilitate de 70% corelată cu procentul ocupat de apă pe Terra) se pot produce valuri de tip tsunami care să ajungă la înălțimi de 1-3km. Aceste valuri au capacitatea de a pătrunde adânc în interiorul continentelor distrugând totul în calea lor. Pe lângă valuri uriașe, în această situație, o mare cantitate de apă se evaporă ajungând în atmosferă alături de o mare cantitate de CO_2 care, împreună, vor accentua fenomenul de efect de seră. O altă consecință este legată de posibilitatea de combinare a azotului și oxigenului atmosferic cu formarea oxidului de azot care se poate combina cu vaporii de apă formând acid azotic care cade sub formă de ploi acide [43].

$$4NO_2 + 2H_2O + O_2 \longrightarrow 4HNO_3$$

Acidul azotic este deosebit de coroziv având și o toxicitate ridicată care afectează materia organică dar și diferite alte materiale. Nu în ultimul rând ca importanță se produc și cutremurele provocate de impact care dezvoltă energii uriașe cu magnitudini ce pot provoca modificări de relief și desigur tsunami.

La scara timpului geologic al Pământului au existat evenimente care au dus la dispariția unui număr mare de specii vegetale și animale fiind cunoscute sub denumirea de extincții majore. Există multe ipoteze care vehiculează diferite cauze care pot determina astfel de evenimente însă, recent, cele mai intens vehiculate sunt legate de asteroizi. Una dintre marile extincții care a avut ca și cauză impactul cu un asteroid este considerată a fi extincția ce sa produs acum 65 milioane de ani la limita Cretacic-Paleogen (K - Pg). Conform unor studii se consideră că în această perioadă au dispărut aproximativ 75% dintre speciile de pe Terra, inclusiv o mare parte a dinozaurilor nonaviari. Impactul s-a produs în zona golfului Mexic și a generat craterul Chicxulub.

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Astfel de evenimente au avut și vor avea un impact major asupra Pământului. Nu se poate calcula cu precizie data și locul unde se va realiza impactul cu un nou asteroid însă, din analiza statistică, a rezultat că odată sau de două ori la un milion de ani are loc o coliziune cu un asteroid mai mare de 2km în diametru generând o catastrofă globală. În cazul unui asemenea eveniment specia umană ar fi puternic afectată și din această cauză, în prezent, se caută soluții care vizează depistarea, urmărirea și eventual (cu ajutorul tehnologiei viitoare) devierea de pe traiectoria Terrei a unui eventual asteroid care o amenință.

Importanța acestor posibile evenimente a determinat o serie de state să dezvolte capacități și programe de studiu a diferitelor corpuri cosmice. NASA (National Aeronautics and Space Administration) derulează un program de urmărire zilnică a tuturor corpurilor (cca. 350) care pot să amenințe Pământul (corpuri cu potențial de impact).

7.Cometele

Sunt corpuri constituite din rocă, gheață și gaz ce se mișcă în jurul Soarelui, pe orbite cu elipticitate pronunțată. Nucleul are un diametru maxim de 100km și efectuează o mișcare de rotație între 2 și 8 zile terestre. Observațiile făcute de-a lungul timpului asupra cometelor văzute de pe Terra au acreditat ideea că acestea sunt niște corpuri extrem de luminoase, proprietate ce le face ușor vizibile [10], [55], [64]. În realitate însă acestea pot fi printre cele mai

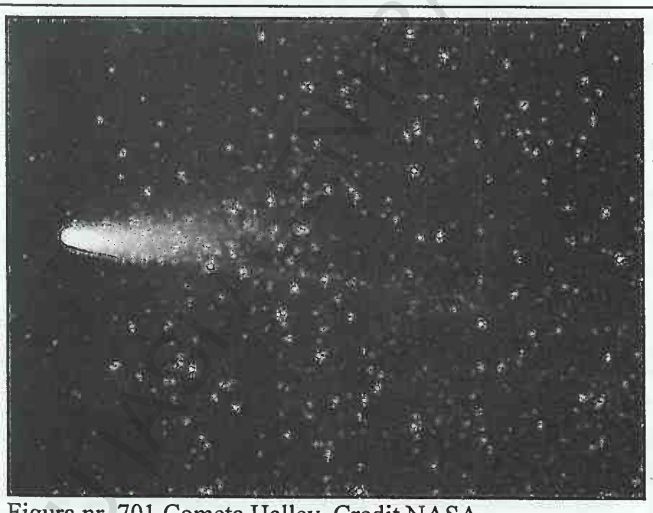

Figura nr. 701 Cometa Halley. Credit NASA

întunecate corpuri din Sistemul Solar (cometa Halley) care reușesc să absoarbă până la 96% din lumina primită (Fig.701). Coama cometei este gazoasă și se formează din materia poziționată în exteriorul nucleului sub influența căldurii solare, în perioada când aceasta se apropie de Soare. Pe măsură ce cometa se apropie de Soare, vântul solar acționează asupra părții gazoase având loc o alungire a acesteia pe distanțe de până la câteva sute de milioane de kilometrii în partea opusă Soarelui (Fig.702) [19], [55].

Figura nr. 702 Cometa ISON la data de 12 noiembrie 2013. Credit NASA

Cometele nu au inele și nici sateliți iar din punctul de vedere al perioadei de revoluție acestea pot fi clasificate în comete de perioadă scurtă (orbitează Soarele într-o perioadă de până la 200 ani) și comete de perioadă lungă (cu orbitele foarte mari și perioade impredictibile) [19]. În decembrie 2013 erau cunoscute 4900 de comete iar numărul acestora se află într-o continuă creștere. Cometa Halley are un nucleu cu un diametru mediu de 11km și face o mișcare completă în jurul Soarelui într-o perioadă de 75 ani terestri. Ultima sa apariție în apropierea Soarelui a avut loc în anul 1986 iar următoarea sa revenire (cu posibilitatea observării de pe Terra) va fi în anul 2061 [64].

Există ipoteze care consideră că o parte din cantitatea de apă de pe Pământ putea să fie adusă de către comete. Recent, în urma trecerii unei sonde spațiale prin coada unei comete, cercetătorii NASA au analizat compoziția chimică a acesteia și au identificat prezența unor aminoacizi care pot contribui la apariția vieții. Există posibilitatea ca apariția vieții de pe Terra să fie legată de o perioadă mai veche în care au existat numeroase bombardamente cu

BCU "ST. CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

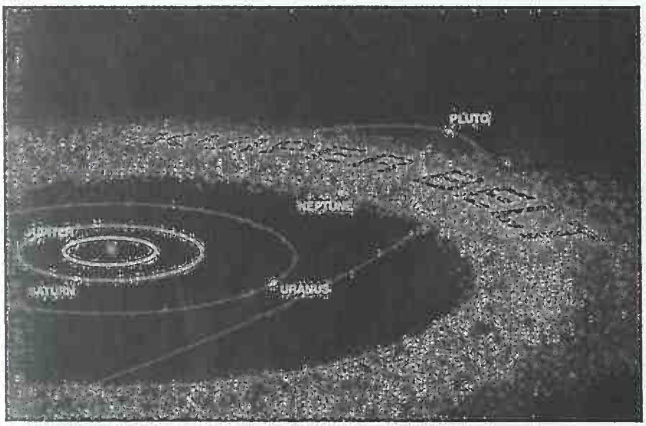

Figura nr. 801 Centura Kuiper. Credit NASA

asteroizi și comete. Cele mai vechi urme ale vieții de pe Pământ datează de acum cca. 3,5 miliarde de ani.

8.Centura Kuiper și Norul Oort

Reprezintă sute de milioane de obiecte dispuse dincolo de planeta Neptun (obiecte transneptuniene) care orbitează foarte aproape de planul Sistemului Solar (Fig.801). Denumirea este dată după astronomul american Gerard P. Kuiper. Se presupune că aceste obiecte reprezintă resturi ce aparțin discului protoplanetar care a existat în urmă cu cca. 4,6 mld ani. Aceste resturi nu au reușit să se grupeze și să formeze planete mari.

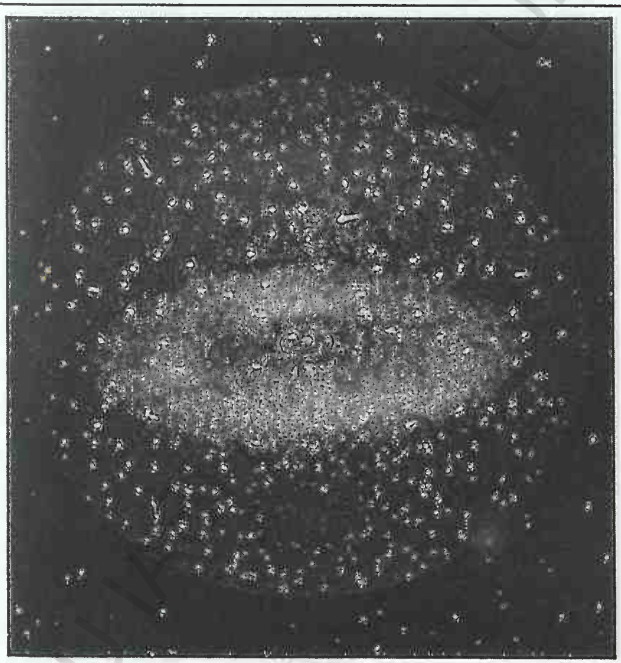
Figura nr. 802 Norul Oort. Credit NASA

În Centura Kuiper își au originea cometele de perioadă scurtă care orbitează Soarele în mai puțin de 200 ani. Deși existența acestor obiecte a fost presupusă de unii astronomi în urmă cu mai mult de 70 ani, primele certitudini în legatură cu Centura Kuiper au venit abia în anii 1990 când au început să fie utilizate

BOKU UNIVERSITY LIBRARY

telescoapele performante dotate cu detectoare de lumină sensibile. Până în prezent la o distanța de Soare cuprinsă între 30 și 50 UA (unități astronomice) au fost descoperite peste 100000 de obiecte cu un diametru mai mare de 100km[38].

Dincolo de Centura Kuiper există o grupare de corpuri mici de gheață și rocă ce formează un nor imens de formă aproximativ sferică. Denumirea este dată după astronomul Jan Oort care a demonstrat existența sa. Această formațiune aflată la limita externă a Sistemului Solar conține miliarde de

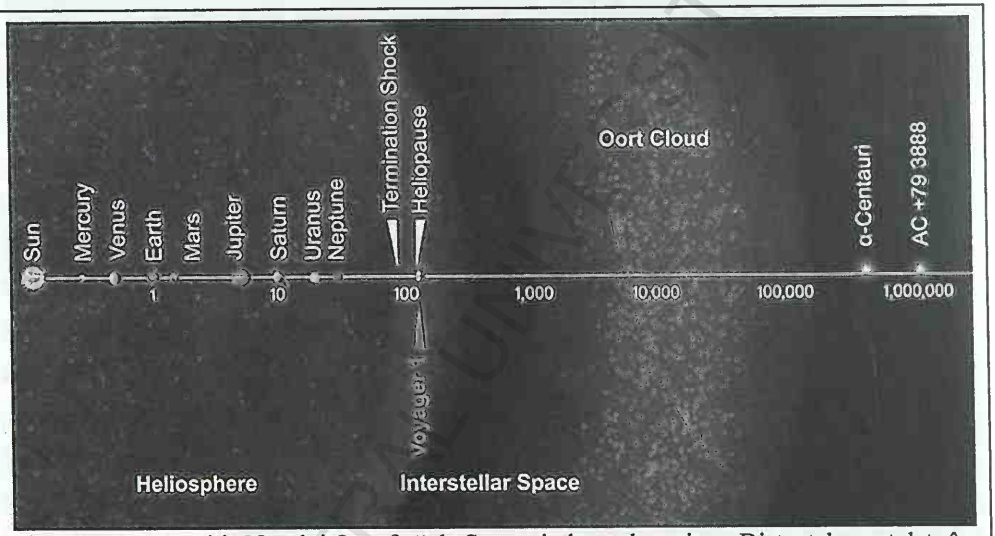

Figura nr. 803 Poziția Norului Oort față de Soare și planetele majore. Distanțele sunt date în Unități Astronomice (UA). Credit NASA

corpuri a căror diametru este de până la 100km (Fig.802). Masa totală a acestor corpuri este estimată a fi de 10 până la 100 ori mai mare decât masa Terrei. Se consideră că Norul Oort este sursa materiei din care s-au format cometele de perioadă lungă ce orbitează Soarele într-o perioadă mai mare de 200 ani. Distanța de la Soare până la care se întinde Norul Oort nu este cunoscută cu precizie dar se consideră că dincolo de 50000 de UA spațiul este aproape gol (Fig.803, 803b) [55].

BCU IAȘI CENTRUL UNIVERSITAR LIBRARY

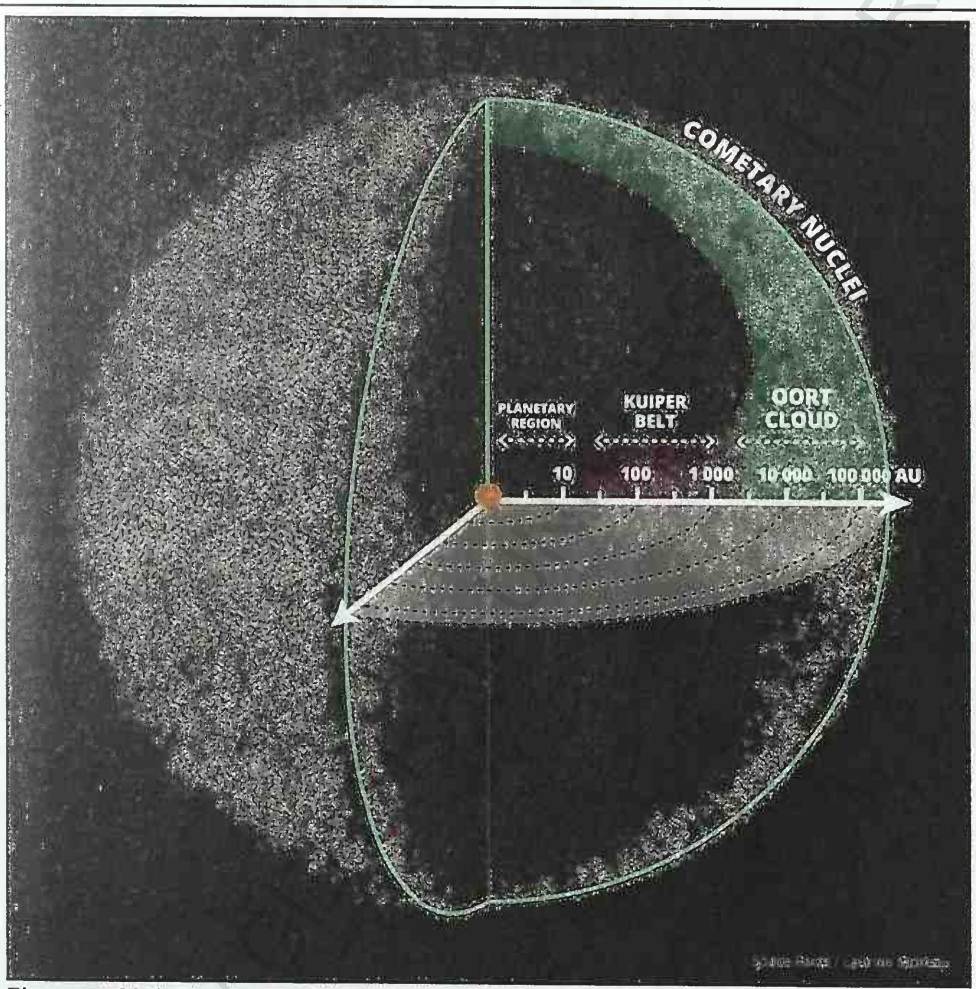

Figura nr. 803b Structura majoră a Sistemului Solar. Credit Laurine Moreau/Space Facts

BCU IASI LIBRARY

9.Terra (Pământul)

Este a treia planetă de la Soare şi aproape sigur singura planetă din Sistemul Solar capabilă să dezvolte forme de viaţă complexe. Din informaţiile pe care le avem reiese faptul că în Sistemul Solar există cantităţi mari de apă dar nicăieri, exceptând planeta Pământ, nu sunt condiţiile necesare pentru ca apa să existe ca şi lichid la suprafaţă (Fig.901). Masa Terrei este de 5 973 x

Figura nr. 901 Terra - fotografie din spaţiu. Credit NASA

BCU LIBRARY

10^{24} kg iar densitatea medie este de 5,51 g/cm^3, fiind planeta cu densitatea cea mai mare dintre planetele Sistemului Solar.

Pamântul s-a format, la fel ca şi celelalte planete, din mai multe fragmente care gravitau în jurul Soarelui. In timp ce planeta se răcea, gazele conţinute în roci erau eliberate la suprafaţă. Deoarece Pământul avea o gravitaţie relativ mare, gazele eliberate s-au menţinut la suprafaţă, la fel ca în cazul lui Venus, formând o atmosferă primitivă. Cele mai frecvente gaze eliberate de Pământ erau dioxidul de carbon, metanul, amoniacul şi apa. În stadiul iniţial suprafaţa Pământului era prea fierbinte pentru ca apa să poată exista în stare lichidă, rămânând în atmosferă sub formă de vapori. Dar, pe masură ce planeta s-a răcit, suprafaţa Pământului a ajuns să aibă o temperatură mai mică de 10 °C. În final, apa a căzut pe Pământ sub formă de ploaie, punându-se bazele apariţiei oceanelor. Formarea oceanelor terestre a început repede, la cca. 100 - 200 de milioane de ani după formarea planetei. Exista posibilitatea ca o serie de comete şi asteroizi să fi adus pe Pământ cantităţi considerabile de apă, ajutând la formarea oceanelor. Viaţa a apărut în aceste oceane cam după 1 mld de ani de la formare. În aceeaşi perioadă, scoarţa terestră a fost fragmentată în plăci tectonice care au început să fie puse în mişcare de curenţii de convecţie din manta, formându-se primele lanţuri muntoase [28], [56], [57].

Odată cu apariţia oceanelor, atmosfera a început să se schimbe. Dioxidul de carbon s-a dizolvat în apă unde s-a combinat cu alte elemente formând roci precum calcarul. Treptat, mările au curăţat atmosfera de dioxidul de carbon, proces care nu s-a putut desfăşura pe suprafaţa fierbinte şi fără apă a planetei Venus. După alţi 500 milioane de ani (acum 3 miliarde de ani) atmosfera era alcătuită din acele gaze eliberate de vulcani ca metan, amoniac şi alţi compuşi bogaţi în hidrogen. În acea perioadă erau putine urme de oxigen sau ozon în atmosfera Pământului. Radiaţiile ultraviolete de la Soare au distrus pe parcurs gazele pline de hidrogen din atmosferă, transformându-le în atomi de constituienţi primari. Azotul a fost eliberat din amoniac, carbonul din metan, moleculele de apă au eliberat oxigenul, iar hidrogenul a fost eliberat în spaţiu. O parte din oxigen s-a combinat cu carbonul formând dioxid de carbon care a fost absorbit din nou de oceane iar oxigenul rămas a format ozonul. Treptat

BCU "LUCIAN BLAGA" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

atmosfera s-a stabilizat pe măsură ce ozonul a început să protejeze Pământul de razele ultraviolete ale Soarelui.

Aproximativ acum 2 mld de ani, activitatea plantelor şi fotosinteza au început să se intensifice. Fotosinteza absoarbe dioxidul de carbon din aer şi apă, foloseşte lumina solară să producă carbohidrati nutritivi şi eliberează oxigen care a început să se acumuleze în atmosferă. Acum cca. 1 miliard de ani, nivelul de oxigen din atmosferă deţinea un procent de 10% din cantitatea actuală. Acum 600 milioane de ani, în timpul exploziei de viaţă din Cambrian, cantitatea de oxigen liber a crescut foarte mult şi a început să se acumuleze [18], [28], [56].

9.1.Forma Pământului

Forma Pământului este foarte apropiată de o sferă. Imaginile provenite din spaţiu demonstrează faptul că planeta noastră seamănă foarte mult cu un balon rotund care se roteşte. De-a lungul timpului oamenii şi-au imaginat Pământul şi sub alte forme între care cea mai des întâlnită era forma unui disc plat. Marinarii credeau că în cazul în care s-ar fi aventurat prea departe în larg ar fi ajuns la marginea discului unde exista posibilitatea ca navele lor să „cadă". Ulterior însă, tot marinarii au observat că pe mare, la orizont, se observau mai întâi părţile superioare ale catargelor corăbiilor iar pe măsură ce corăbiile se apropiau deveneau vizibile părţile inferioare ale catargelor şi în final corpurile navelor. O altă observaţie marinărească era legată de faptul că în zilele cu nori răzleţi pe cer, după ce soarele apunea la orizont, razele sale continuau să lumineze norii. Aceste observaţii au indus treptat ideea conform căreia Pământul are formă sferică [28].

Fiind vorba de un corp care se roteşte în jurul unui ax imaginar se constată că forma reală se abate de la sferă prin faptul că apare o uşoară bombare la ecuator, însoţită de o relativă aplatizare la poli. De aici diferenţa dintre diametrul ecuatorial (12756 km) şi diametrul polar al Pământului (12714 km). Prin urmare, forma Pământului este mai apropiată de ceea ce este cunoscut sub denumirea de elipsoid de rotaţie şi nu de sferă. Dar nici elipsoidul de rotaţie nu reflectă forma reală a Pământului, în condiţiile în care acesta nu are o suprafaţă omogenă, datorită alternanţei dintre suprafeţele de uscat (cu

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

altitudine maximă de 8850m) şi cele acvatice (cu adâncime maximă de 11516m). S-a ajuns astfel la concluzia că pentru o precizie mai mare în descrierea formei Pământului se poate utiliza noţiunea de geoid. Geoidul reprezintă o suprafaţă de referinţă rezultată ca urmare a acţiunii atracţiei gravitaţionale a planetei noastre. Geoidul poate fi definit de un set de ecuaţii matematice utilizate în mai multe domenii de activitate cum ar fi cartografierea terestră sau navigaţie.

9.2.Mişcarea de rotaţie

Pământul se învârte în jurul unui ax care este o dreaptă imaginară ce uneşte cei doi poli trecând prin centrul planetei. O rotaţie completă se realizează pe parcursul a cca. 24 ore, perioadă denumită zi solară. Cei doi poli ai Pământului (Nord şi Sud) reprezintă două puncte de pe suprafaţa planetei intersectate de axa imaginară a acestuia. Mişcarea de rotaţie se realizează de la vest la est şi are o importanţă majoră din următoarele considerente: influenţă majoră asupra desfăşurării proceselor şi fenomenelor geografice specifice Terrei; ziua solară reprezintă o unitate de măsură a timpului (la rândul său ziua este împărţită în ore minute şi secunde); axa de rotaţie este utilizată ca reper în stabilirea reţelei de meridiane şi paralele necesare pentru poziţionarea pe glob.

9.2.1.Efectele mişcării de rotaţie a Pământului asupra desfăşurării proceselor şi fenomenelor geografice

Ritmul diurn al Soarelui influenţează tot sistemul biotic al Terrei. În timpul zilei plantele verzi primesc şi stochează energie care, ulterior, este consumată parţial în timpul nopţii. Unele animale sunt active pe timpul zilei în timp ce altele sunt active noaptea. Ciclicitatea zi – noapte are o influenţă majoră asupra variaţiei diurne a temperaturii aerului de pe cea mai mare parte a suprafeţei terestre. Direcţia de mişcare a maselor de aer şi de apă de la suprafaţa Pământului este influenţată de Forţa Coriolis care apare ca urmare a rotaţiei planetei. Mişcarea de rotaţie a Terrei combinată cu atracţia gravitaţională a Lunii şi Soarelui determină o creştere şi scădere ritmică a

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

nivelului Oceanului Planetar, fenomen cunoscut sub denumirea de maree. Manifestarea curenţilor mareici sub formă de flux şi reflux constituie un impuls de dezvoltare a multor plante şi animale marine care influenţează activităţile economico-sociale zilnice din zonele de coastă [9], [56], [57].

9.2.2.Coordonatele geografice

Forma de geoid a Pământului a creat cartografilor o serie de probleme care au fost rezolvate parţial prin utilizarea unor proiecţii cartografice pentru reprezentarea suprafeţei curbe a planetei. Toate proiecţiile cartografice au la bază aceeaşi reţea constituită dintr-un sistem de cercuri imaginare numite paralele şi meridiane. Paralelele constituie cercurile ale căror planuri intersectează perpendicular axa Pământului. Cel mai mare cerc se află la jumătatea distanţei dintre cei doi poli şi poartă denumirea de Ecuator. Lungimea ecuatorului este de 40075,016 km. Ecuatorul separă Pământul în două emisfere (nordică şi sudică) egale ca suprafaţă. Celelalte cercuri dispuse la nord şi la sud de ecuator sunt mai mici decât acesta. Lungimea paralelelor scade de la ecuator spre cei doi poli.

Meridianele constituie jumătăţi ale cercurilor ale căror planuri conţin cei doi poli ai Pământului. Planul cercului care conţine meridianele de 0 şi 180 grade separă Pământul în două emisfere (estică şi vestică) egale ca suprafaţă [28].

Meridianele şi paralelele definesc direcţiile geografice. Deplasarea pe direcţia nord-sud sau sud-nord este asimilată deplasării pe un meridian în timp ce deplasarea pe direcţia est-vest sau vest-est este asimilată deplasării în lungul unei paralele. Există un număr foarte mare de meridiane şi paralele care pot fi reprezentate pe suprafaţa terestră la fel cum există un număr foarte mare de poziţii pe glob. Poziţia unui punct de pe suprafaţa terestră este dată de intersecţia unui meridian cu o paralelă [56], [57].

Meridianele aparţin cercurilor mari formate prin intersecţia planelor acestora cu centrul Pământului. Se consideră cercuri mari totalitatea cercurilor ale căror planuri intersectează centrul planetei indiferent de poziţia acestora. Importanţa acestor cercuri mari este dată de faptul că se consideră că cea mai mică distanţă dintre două puncte situate pe suprafaţa terestră este descrisă de

BCU IAŞI CENTRALĂ UNIVERSITARĂ LIBRARY

arcul de cerc mare ce trece prin cele două puncte şi are un plan ce intersectează centrul planetei. Pentru navigatori cunoaşterea drumului cel mai scurt dintre două puncte presupune economii importante de timp şi combustibil. Fiecare cerc mare împarte Pământul în două părţi egale numite emisfere. Un exemplu de cerc mare este dat de cercul de iluminare a Pământului care separă suprafaţa terestră în două emisfere egale numite emisfera de zi şi emisfera de noapte. Dintre paralele, Ecuatorul formează singurul cerc mare al cărui plan trece prin centrul Pământului. Celelalte paralele dispuse la nord şi la sud de Ecuator aparţin categoriei cercurilor mici. Se consideră că orice cerc de pe suprafaţa planetei, paralel cu Ecuatorul, care nu separă două părţi egale se numeşte cerc mic.

9.2.3.Latitudinea şi longitudinea

Jucătorii de şah utilizează un sistem de poziţionare pe tabla de şah astfel încât orice piesă se mişcă într-un sistem descris de două axe respectiv ox şi oy. Axa ox este descrisă de opt litere (de la A la H) iar axa oy de opt cifre (de la 1 la 8). Cu ajutorul acestui sistem de poziţionare piesele de şah îşi pot marca traiectoriile (ex. regina pleacă de la D3 şi ajunge la G6). Un sistem de poziţionare identic este utilizat şi în cazul localizării unor puncte de pe suprafaţa terestră utilizându-se un atlas geografic sau o hartă. Dacă doriţi să căutaţi pe hartă o localitate cel mai simplu mod este să deschideţi atlasul la indexul alfabetic al localităţilor şi să căutaţi respectiva locaţie. Veţi observa că în dreptul localităţii pe care o căutaţi găsiţi un număr urmat de o literă şi o cifră (ex. 34G/3). Numărul respectiv reprezintă numărul paginii din atlas unde găsiţi localitatea, litera urmată de o cifră reprezintă un sistem de poziţionare a localităţii pe o pagină de hartă divizată în mai multe căsuţe.(ex. pagină de atlas). În acest mod căutarea locaţiilor pe harta lumii devine extrem de facilă deoarece se utilizează un sistem de linii care se intersectează formând un caroiaj codificat cu litere şi cifre. Trebuie ştiut faptul sistemul de caroiaj utilizat pe hărţile uzuale (ex. harta rutieră) este derivat din sistemul coordonatelor geografice (latitudine şi longitudine) [28], [56], [57].

BCU ASE CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

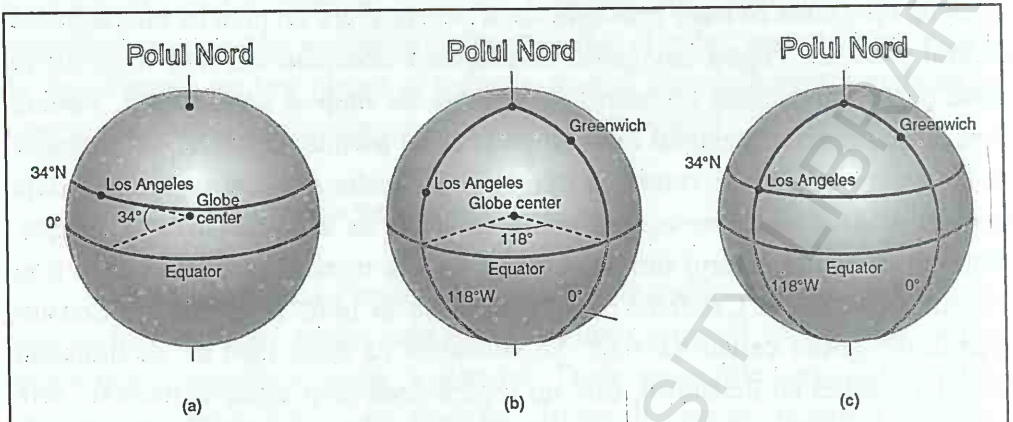

Figura nr. 902 Unghiul de latitudine (a), unghiul de longitudine (b), latitudinea şi longitudinea (c). (Strahler, A. 2011)

Datorită formei sferice a Pământului trasarea coordonatelor geografice a întâmpinat o serie de probleme legate de punctele de origine ale acestora. Fără puncte de referinţă naturale sau arbitrar alese o sferă este o formă geometrică ce arată la fel din orice direcţie. Cei doi poli geografici ai Pământului oferă două repere latitudinale naturale fiind vorba de punctele în care axa planetei intersectează suprafaţa terestră. La jumătatea distanţei dintre cei doi poli se găseşte Ecuatorul care descrie cel mai mare cerc al Pământului şi separă planeta în două emisfere egale respectiv emisfera nordică şi emisfera sudică (Fig.902) [56], [57].

Figura nr. 903 Măsurarea latitudinii cu ajutorul sextantului

Toate punctele situate la nord de ecuator au latitudine nordică în timp ce toate punctele situate la sud de ecuator au latitudine sudică (Fig.905). Toate punctele situate pe linia ecuatorului se consideră că au latitudine 0°. La nord şi la sud de ecuator unghiurile şi arcele lor cresc până la latitudinea maximă de 90°, valori specifice celor doi poli (nord şi sud). Pentru a determina latitudinea oraşului Iaşi vă puteţi imagina două linii care pleacă radiar din centrul Pământului. Una dintre acestea intersectează suprafaţa terestră în centrul oraşului Iaşi în timp ce a doua linie intersectează suprafaţa terestră pe acelaşi meridian, pe linia ecuatorului. Unghiul format de cele două linii reprezintă latitudinea la care se află oraşul. Deoarece oraşul Iaşi este poziţionat la nord de ecuator se precizează faptul că se află la 47°09′ latitudine nordică. Cunoscând lungimea unui cerc mare de meridian (40009,152 km) şi având în vedere faptul că un cerc are 360° se poate calcula lungimea unui arc de meridian aferent latitudinii de 1° (111,136 km). Gradele de latitudine pot fi împărţite în minute de arc şi secunde de arc. Un grad de latitudine are 60 minute de arc iar un minut de latitudine are 60 de secunde de arc. Rezultă că lungimea unui arc ce corespunde unui minut de latitudine este de 1,85km în timp ce lungimea unui arc ce corespunde unei secunde de latitudine este de 31m. Având în vedere

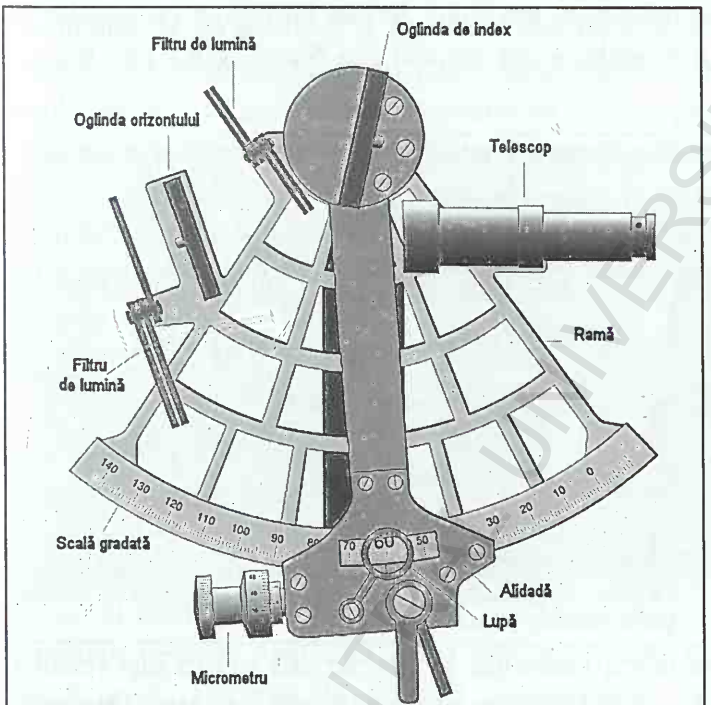

Figura nr. 904 Sextant – elemente componente

latitudinea oraşului Iaşi se poate calcula lungimea arcului de meridian situat între ecuator şi paralela de 47°09′ latitudine nordică (5240km).

Pentru determinarea latitudinii navigatorii au utilizat şi încă mai utilizează un instrument numit sextant (Fig.903). Numele de sextant provine de la scala unghiulară de 60° (1/6 din lungimea cercului de meridian) fiind posibil de a măsura cu sextantul unghiuri de până la 120°. Principiul de funcţionare al sextantului se bazează pe măsurarea unghiului format între linia orizontului şi un corp ceresc cum ar fi Soarele la ora amiezii sau Steaua Polară pe timpul nopţii (Fig.904).

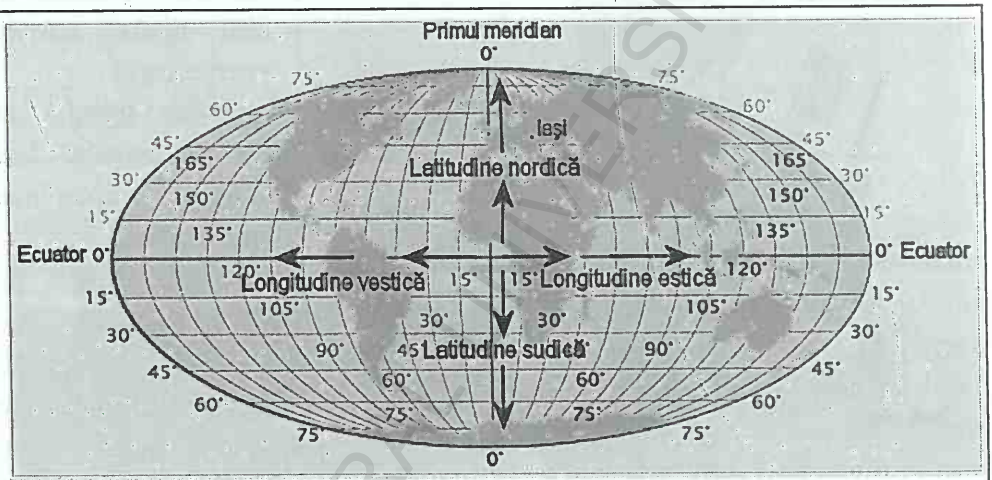

Figura nr. 905 Repartiţia celor patru emisfere pe suprafaţa terestră

Cunoaşterea cu precizie a latitudinii la care se află oraşul Iaşi rezolvă doar pe jumătate problema localizării acestuia pe globul terestru deoarece paralela de 47°09′ are o lungime de mii de km, existând un număr foarte mare de puncte de locaţie. În această situaţie este nevoie de cunoaşterea celui de-al doilea parametru necesar localizării (longitudinea). Longitudinea reprezintă mărimea unghiului format între meridianul locului şi meridianul origine. Spre deosebire de latitudine, în cazul longitudinii nu au existat repere naturale de la care să se plece cu gradaţia astfel încât a fost necesară stabilirea arbitrară a unui meridian ca fiind meridianul origine (meridianul 0). În anul 1884, în cadrul unei conferinţe internaţionale organizate la Washinton, s-a stabilit ca meridianul de 0° logitudine să fie meridianul ce trece prin apropierea Londrei. Meridianul origine (primul meridian) mai este cunoscut sub denumirea de

meridianul Greenwich deoarece trece prin Observatorul Regal Greenwich de lângă Londra. Longitudinea se măsoară plecând de la meridianul 0° spre est şi spre vest având valori cuprinse între 0° şi 180° est sau vest. Prin raportarea la meridianul Greenwich, oraşul Iaşi se află la est de acesta prin urmare în emisfera estică pe meridianul de 27° 36′ longitudine [56], [57].

La fel ca în cazul latitudinii fiecare grad de longitudine este divizat în 60 minute de longitudine şi fiecare minut de longitudine este divizat în 60 secunde de longitudine. Şi în cazul longitudinii se poate măsura lungimea arcului de cerc ce corespunde unghiului de 1° însă spre deosebire de latitudine unde valoarea rămâne constantă pe toată suprafaţa Pământului (111,136 km) în cazul longitudinii lungimea arcului de cerc se reduce odată cu creşterea latitudinii deoarece meridianele converg spre cei doi poli. Distanţa asociată unui grad de longitudine măsurată pe ecuator este de 111,319km în timp ce distanţa asociată unui grad de logitudine măsurată la latitudinea de 60° este de 55,659km.

9.2.4.Longitudinea şi timpul

O rotaţie completă a Pământului în jurul propriei axe se realizează în aproximativ 24 ore. Împărţind cele 360° ale Pământului la 24 ore rezultă că pe parcursul unei ore se roteşte cu 15° de longitudine. Au rezultat astfel 24 de suprafeţe terestre fusiforme egale ca dimensiune (15° longitudine) numite fusuri orare (Fig.906). Meridianul Greenwich se află poziţionat în centrul fusului orar ce se desfăşoară între 7,5° longitudine estică şi 7,5° longitudine vestică. La fel s-a procedat în cazul tutruror meridianelor uniform multiple de 15° care au o poziţie centrală în cadrul fusurilor orare aferente.

Ora locală a unui punct de pe suprafaţa terestră este dată de ora din zi la care radiaţia solară formează cel mai mare unghi cu o suprafaţă a locului considerată plană. Ştiind că la fiecare grad de longitudine diferenţa orei locale, faţă de timpul universal, este de 4 minute, pentru l' longitudine - de 4 secunde, iar pentru l" longitudine diferenţa de timp este 0,066 secunde, se poate calcula ora locală a fiecărui punct, dacă i se cunoaşte longitudinea [28].

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

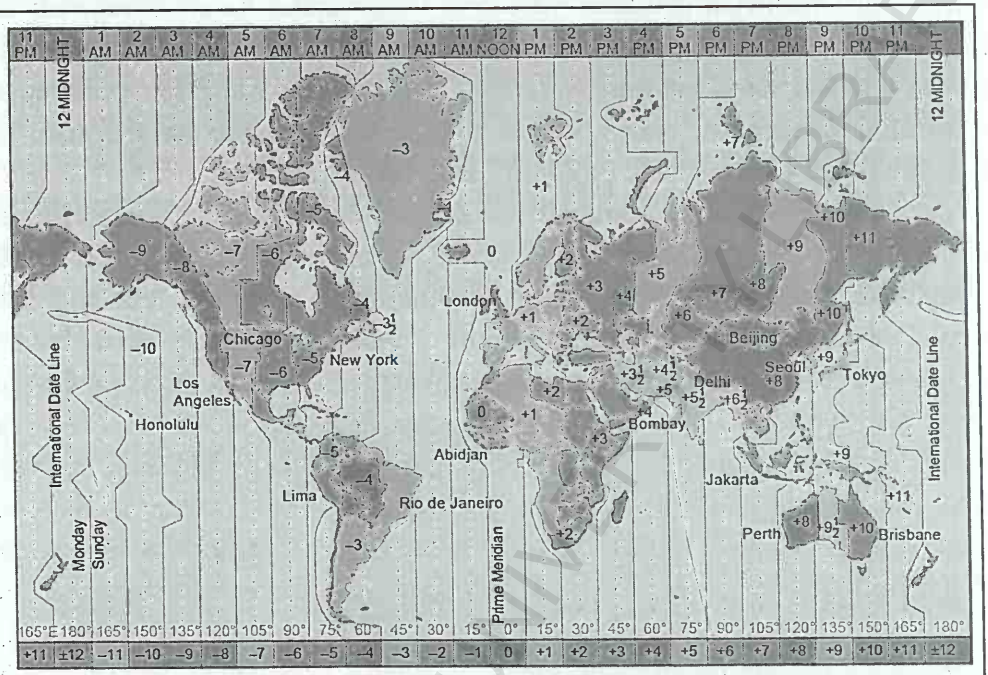

Figura nr. 906 Repartiția fusurilor orare și ora pe Glob. (Strahler, A. 2011)

În cazul oraşului Iaşi, situat la 27° 36′ longitudine estică, ora locală este de +1oră 50 minute şi 24 secunde faţă de ora locală oficială dată de meridianul de 30° est care este de +2ore. Cele 12 fusuri orare situate în emisfera estică sunt marcate cu semnul + (spre exemplu +2 ore indică faptul că ora locală este cu două ore înaintea orei Greenwich) în timp ce fusurile orare din emisfera vestică sunt marcate cu semnul – (spre exemplu -5 ore indică faptul că ora locală este cu cinci ore după ora Greenwich), (Fig.906). Din raţiuni practice fusurile orare delimitate de meridiane nu sunt respectate, fiecare ţară sau teritoriu administrativ având posibilitatea să se încadreze unuia sau mai multor fusuri orare în funcţie de suprafaţă şi de forma graniţelor. Ţara care se întinde pe cele mai multe fusuri orare este Rusia. De la est la vest acest stat se întinde pe 11 fusuri orare dar oficial întregul teritoriu a fost grupat pe doar 9 fusuri orare. China se întinde pe 5 fusuri orare dar pe teritoriul întregii ţări se foloseşte o singură oră oficială dată de meridianul ce trece prin Beijing (+8). Alte state cum ar fi India sau Iran au ales ora oficială dată de jumătatea unui fus orar (7,5°

longitudine) ajungându-se la situaţia în care ora oficială a Indiei pe toată suprafaţa ţării să fie de +5,5 iar ora oficială a Iranului să fie +3,5 [24].

Deoarece multe dintre aplicaţiile ştiinţifice şi tehnologice necesită o măsurare a timpului cât mai precisă, au fost elaborate o serie de ceasuri atomice care măsoară timpul cu o precizie foarte mare (eroarea este de 1 la 1.000.000.000.000). Chiar şi în aceste condiţii, periodic sunt necesare o serie de ajustări cauzate de mici variaţii ale perioadei de rotaţie a Pământului în jurul propriei axe. Timpul standard (universal) al Pământului, recunoscut de toate ţările lumii, este administrat de „Bureau International de l'Heure" situat în apropiere de Paris.

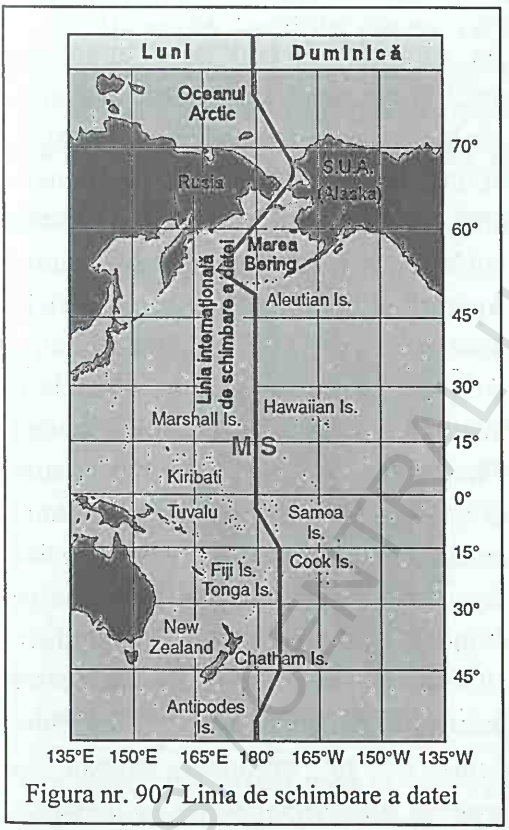

Figura nr. 907 Linia de schimbare a datei

Se constată că, datorită rotaţiei Pământului de la vest la est, Soarele va ilumina mai întâi emisfera estică plecând de la meridianul de 180°, căruia îi corespunde ora +12, trecând prin cele 12 fusuri orare până la meridianul de 0° după care Soarele va ilumina emisfera vestică trecând prin celelalte 12 fusuri orare, până la meridianul de 180°, căruia îi corespunde ora -12. Apare astfel situaţia particulară meridianului de 180°, situat pe partea opusă meridianului de 0°, care necesită schimbarea datei la trecerea peste acesta. Pentru a evita unele uscaturi, s-a trasat o linie convenţională, care poartă numele de linia de schimbare a datei [56], [57]. La traversarea liniei de schimbare a datei, mergând de la est spre vest, trebuie să se schimbe data calendaristică sărind peste o zi iar la trecerea dinspre vest spre est, trebuie să se repete data calendaristică. Zburând cu avionul de la Sydney la Santiago de Chile călătorii vor schimba la trecerea

peste meridianul de 180° data de luni 24 august cu cea de duminică 23 august (repetând o zi) fără a se modifica ora. În acelaşi timp, călătorii care pleacă de la Santiago de Chile spre Sydney, la trecerea peste meridianul de 180° vor schimba data de duminică 23 august cu cea de luni 24 august (sărind peste o zi). Linia de schimbare a datei este trasată pe o serie de hărţi ale lumii şi globuri cu înscrierea de o parte şi de alta a acesteia a zilelor de luni şi duminică (Fig.907).

9.2.5.Sistemul de poziţionare globală sau *"The Global Positioning System"* (GPS)

Este o tehnologie dezvoltată în ultimele decenii care urmăreşte poziţionarea cât mai precisă a oricărui punct de pe suprafaţa terestră. Sistemul a fost gândit pentru o serie de aplicaţii militare dar în prezent este utilizat în majoritatea domeniilor de activitate civilă. Primul sistem militar de poziţionare prin satelit a fost sistemul numit NAVSTAR realizat de către Ministerul Apărării al Statelor Unite ale Americii. Sistemul NAVSTAR dispunea în anul 2011 de 24 sateliţi care se aflau la o înălţime de 20183 km deasupra Pământului. Printr-o măsurare foarte exactă a distanţei în linie dreaptă dintre receptor şi cel puţin 4 sateliţi se poate determina poziţia oricărui punct de pe Pământ (latitudine, longitudine, altitudine). În mod normal pentru determinarea poziţiei în 3D a unui punct de pe suprafaţa terestră cu ajutorul poziţiei sateliţilor ar fi nevoie de doar trei distanţe (trei sateliţi). Totuşi la GPS este nevoie şi de a patra distanţă, pentru minimizarea erorilor de poziţionare datorate ceasurilor din receptoare, care nu sunt suficient de exacte în comparaţie cu ceasurile atomice din sateliţii utilizaţi.

Figura nr. 908 GPS - modul absolut

Poziţionarea cu ajutorul GPS-ului are o precizie proporţională cu numărul de sateliţi utilizaţi în momentul efectuării măsurătorilor. Distanța dintre satelit și receptor se calculează prin cronometrarea timpului de care are nevoie semnalul radio să ajungă de la satelit la receptor. Semnalul radio se deplasează cu 300.000 km/s iar dacă se cronometrează timpul lui de propagare de la satelit la receptor se poate deduce distanța dintre aceștia. Fiecare satelit are un semnal propriu, astfel încât receptorul știe exact despre ce sateliți este vorba. Receptorul GPS efectuează calculele şi afişează o citire de localizare în latitudine, longitudine, şi altitudine sau plasează locaţia pe hartă [20].

Harta pe bază de sistem GPS este extrem de utilizată în turism, transporturi rutiere, navale şi aeriene. Determinarea poziției cu ajutorul GPS-ului se poate face în două moduri: modul absolut și modul diferențial. Modul absolut folosește un singur receptor GPS, iar eroarea de poziționare este de circa 10 - 20 m (Fig.908). Modul diferențial presupune folosirea a două receptoare, dintre care unul are rolul de stație de bază, fiind instalat într-un punct fix cu coordonate cunoscute. Se măsoară diferența dintre coordonatele punctului cunoscut și cele rezultate pentru același punct din analiza semnalelor GPS. Aceste diferențe se folosesc pentru corectarea coordonatelor determinate cu un receptor mobil în alte puncte din zona respectivă. Acest mod de lucru este foarte precis (1 - 5 cm), dar distanța dintre receptorul mobil și stația de bază nu trebuie să depășească 30 km (Fig.909).

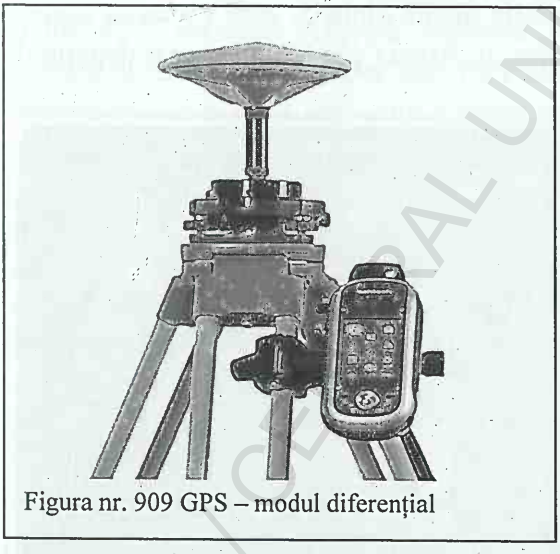

Figura nr. 909 GPS – modul diferențial

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

9.3.Mişcarea de revoluţie a Pământului

Pământul se deplasează (efectuează o mişcare de revoluţie) în jurul Soarelui, pe o orbită în forma de elipsă în unul din focarele căreia se află Soarele. Ca urmare a acestei situaţii, distanţa de la Soare la Pământ este variabilă fiind de 147.098.768 km la periheliu (punctul cel mai apropiat de Soare, atins în prezent la data de 3 ianuarie) şi de 152.098.144 km la afeliu (punctul cel mai îndepărtat de Soare, atins în prezent la data de 4 iulie) (Fig.910). Diferenţa de distanţă între periheliu (din greacă peri = aproape, helios = Soare) şi afeliu (din greacă aphelios; ap = departe, helios = Soare) este de 5.000.000 km.

Deşi pare o diferenţă mare, la scara Sistemului Solar distanţa între cele două poziţii este nesemnificativă înregistrându-se totuşi o diferenţă pozitivă de 3,5% a cantităţii de energie primită de Pământ de la Soare la periheliu [7]. Cu toate acestea dacă analizăm temperatura medie globală, vom vedea că aceasta este mai mare la afeliu decât la periheliu. Atunci când suntem mai departe de

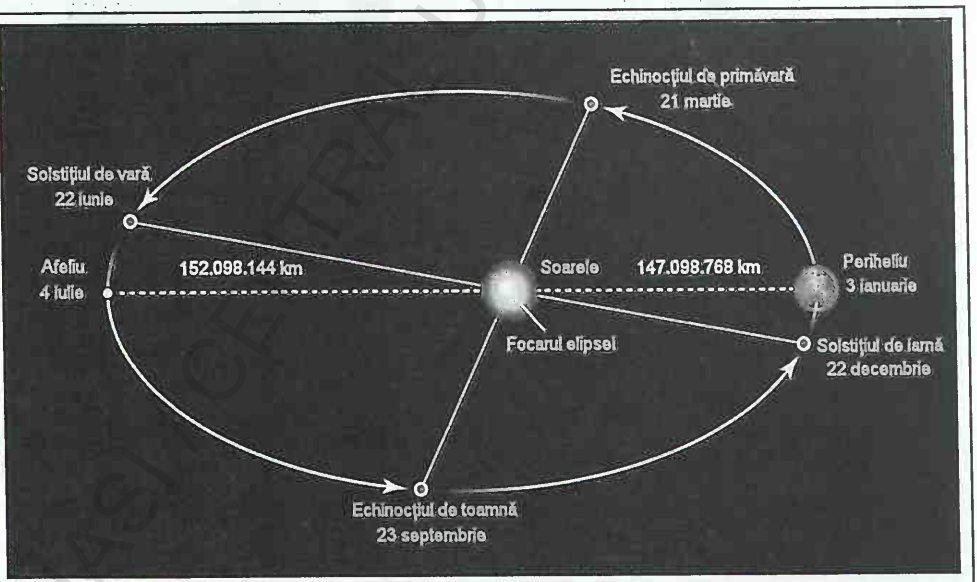

Figura nr. 910 Poziţii caracteristice ale Terrei în raport cu Soarele. (Prelucrare după Strahler A. 2011)

Soare, temperatura medie globală este cu 2,3 °C mai mare decât atunci când suntem la periheliu. Explicaţia constă în faptul că nu există o distribuţie omogenă a uscatului şi a apei pe toată suprafaţa Pământului. Emisfera sudică e dominată de ocean, iar cea nordică de continente. La momentul afeliului, emisfera nordică, mai bogată în uscat, este înclinată către Soare. Iar uscatul se încălzeşte mult mai repede şi mai puternic decât apa. Nu e nevoie de prea multă energie pentru a încălzi uscatul. Pe de altă parte, apa se încălzeşte mai greu. De aceea, în ianuarie, când emisfera sudică, dominată de oceane, este orientată spre Soare, temperatura medie a Pământului este mai mică. Valoarea medie a distanţei Soare-Pământ este considerată cea de 149.597.890 km [56], [57].

Planul orbitei terestre intersectează bolta cerească după un cerc numit ecliptică. Pământul se deplasează pe orbită în sens direct matematic (în sens invers acelor de ceasornic - prograde) şi parcurge orbita în 365 zile, 6 ore, 9 minute şi 9 secunde. Această perioadă este denumită an sideral, căci se măsoară în funcţie de un reper care reprezintă o stea fixă pe bolta cerească. În conformitate cu a doua lege a lui Kepler, viteza de deplasare a Pământului pe orbita sa este variabilă: 30 km/s, la periheliu, şi 29,2 km/s, la afeliu. Axa polilor este înclinată faţă de planul orbitei, făcând cu acesta un unghi de 66°33' şi îşi păstrează, tot timpul, aproximativ aceeaşi orientare în spaţiu. În prezent axa polilor este orientată spre Steaua Nordului (Steaua Polară), (Fig.912).

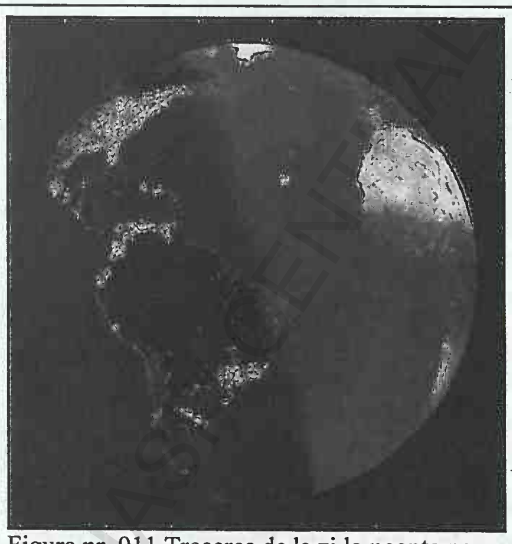

Figura nr. 911 Trecerea de la zi la noapte pe suprafaţa Terrei (vara boreală)

Majoritatea planetelor din Sistemul Solar au o înclinare a axei polilor care determină o serie de variaţii sezoniere ale condiţiilor climatice. Unghiul de înclinare este variabil în timp remarcându-

se în acest sens planeta Marte a cărei înclinări variază cu până la 20° fapt ce crează condiţiile pentru apariţia unor anotimpuri extreme. Şi în cazul Terrei înclinarea axei polilor suferă uşoare modificări din cauză că globul terestru nu este echilibrat perfect, materia nu este repartizată uniform în interiorul lui. Se remarcă înfluenţa stabilizatoare a satelitului natural al Pământului (Luna) care a atenuat variaţiile mari de înclinare, favorizând menţinerea unui climat mult mai

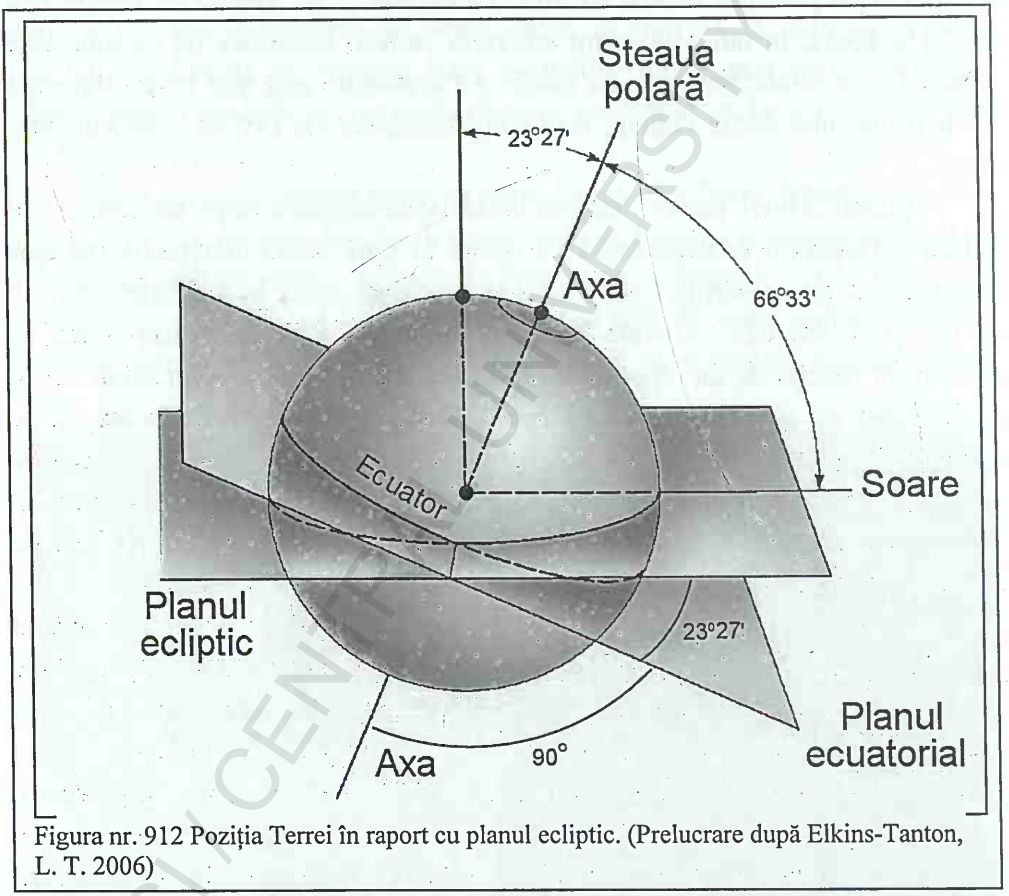

Figura nr. 912 Poziţia Terrei în raport cu planul ecliptic. (Prelucrare după Elkins-Tanton, L. T. 2006)

constant care a permis dezvoltarea continuă a vieţii. Atracţia Lunii se manifestă printr-o serie de forţe care tind să aducă planul ecuatorial în planul eclipticii. Acestui cuplu i se opune un alt cuplu, rezultat din rotaţia Pământului.

Rezultanta este un balans complex al axei polilor care suferă modificări ale înclinării cuprinse între 22 şi 25 grade cu o ciclicitate de aproximativ

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

41.000 ani. Balansul axei de rotaţie se aseamănă cu cel al unui titirez. Acestui balans uşor i s-a dat numele de *nutaţie a polilor*. Nutaţia este cauzată de acţiunea gravitaţională a Soarelui şi Lunii. Soarele acţionează asupra Pământului cu un efect maxim asupra nutaţiei la cele două solstiţii şi un efect minim la cele două echinocţii. Luna acţionează asupra nutaţiei cu un efect maxim de două ori pe lună.

Balansul axei Pământului, denumit nutaţie, se produce pe fondul unui balans de mai mare amploare care provoacă aşa-numita *precesie axială*. Precesia înseamnă schimbarea direcţiei de înclinare a axei Pământului care tinde să descrie un cerc şi se aseamănă cu mişcarea unui titirez care îşi reduce viteza. Cauzele care determină precesia axială a Pământului nu sunt pe deplin lămurite însă există ipoteze care asociază această mişcare cu elipticitatea planetei şi formarea mareelor. Un circuit complet al axei Pământului prin precesie se realizează în 25000 ani [8].

Pentru că axa polilor nu are riguros aceeaşi poziţie tot timpul anului, echinocţiile şi solstiţiile nu se produc atunci când Pământul ocupă aceleaşi poziţii pe orbita sa. Se constată că, de la un an la altul, aceste puncte se deplasează pe orbită în sensul acelor de ceasornic. Aşa se face că poziţia echinocţială se realizează înainte ca Pământul să fi încheiat parcurgerea orbitei. Deplasarea punctelor echinocţiale pe orbita terestră poartă denumirea de precesie a echinocţilor.

Pe parcursul celor 25000 ani punctele echinocţiale ajung să coincidă cu periheliul şi cu afeliul. În asemenea situaţii, anotimpurile devin egale, două câte două. Atunci când primăvara este egală cu vara şi împreună sunt mai lungi decât toamna şi iarna la un loc, se poate produce o încălzire climatică. Când toamna şi iarna sunt mai lungi se poate produce o răcire a climei. Pe parcursul celor 25000 ani anotimpurile devin de patru ori egale două câte două. Odată la 12500 ani solstiţiul de vară din emisfera nordică se înregistrează la Periheliu iar cel de iarnă la Afeliu fapt ce induce o serie de acutizări ale fenomenelor climatice cu încălziri accentuate în lunile de vară şi răciri extreme în lunile de iarnă [18].

Poziţia pe orbita terestră a punctelor echinocţiale şi solstiţiale împarte orbita în patru sectoare inegale. Adăugându-se şi viteza variabilă cu care

BUCHAREST UNIVERSITY LIBRARY

Pământul parcurge aceste sectoare rezultă o *inegalitate a anotimpurilor*. În etapa actuală, primăvara are 92 de zile şi 20 ore, vara are 93 de zile şi 15 ore, toamna are 89 de zile şi 19 ore iar iarna are 89 de zile.

În orice moment al anului razele Soarelui împart suprafaţa Pământului în două emisfere. Emisfera iluminată de Soare este denumită emisfera de zi iar emisfera aflată în umbră este denumită emisfera de noapte (Fig.911). Cercul de iluminare este cercul care separă emisfera de zi de cea de noapte. În cadrul mişcării de revoluţie a Pământului, datorită înclinării axei polilor, există două momente din an în care cercul de iluminare trece prin cei doi poli. Cele două momente sunt denumite echinocţii. Se remarcă echinocţiul de primăvară care se produce în jurul datei de 21 martie şi echinocţiul de toamnă care se produce

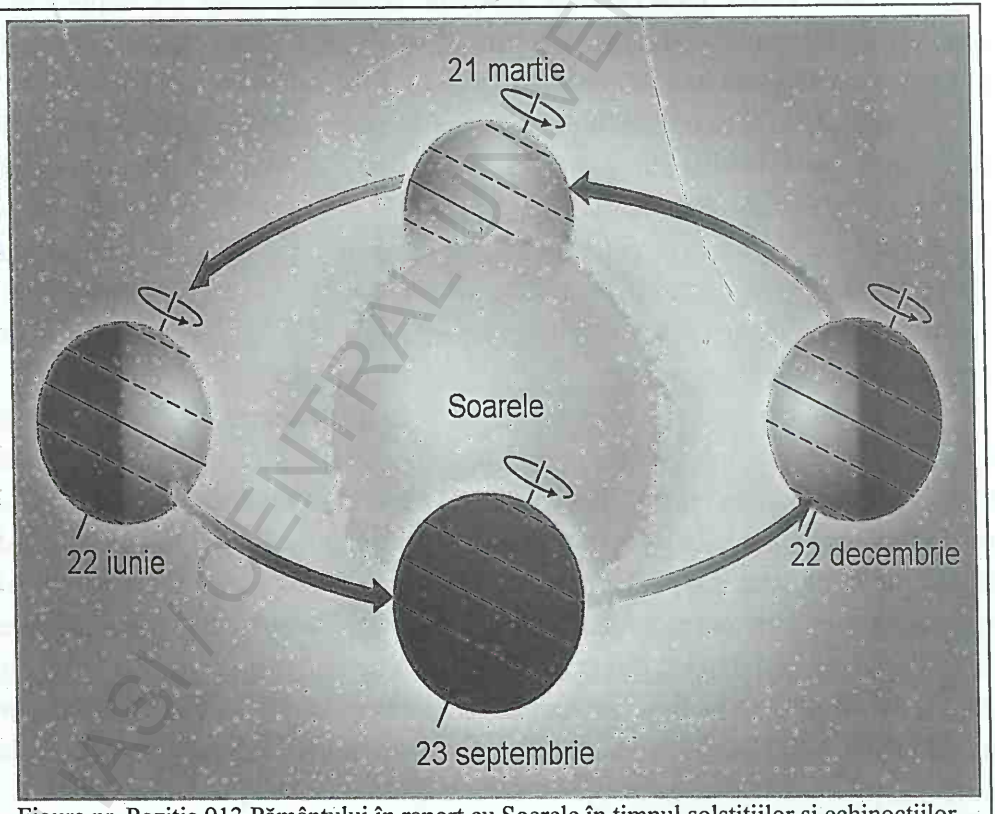

Figura nr. Poziţia 913 Pământului în raport cu Soarele în timpul solstiţiilor şi echinocţiilor (prelucrare după Strahler, A. 2011).

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

la 23 septembrie (Fig.913).

Echinocţiile sunt situaţiile în care razele solare ajung tangente la poli şi perpendiculare la Ecuator şi ziua este egală cu noaptea pe toată suprafaţa planetei. În timpul celor două echinocţii razele Soarelui fac un unghi de 90° cu o suprafaţă terestră orizontală situată la ecuator. Între ecuator şi poli, pe măsură ce creşte latitudinea, unghiul de incidenţă a radiaţiei solare se micşorează până ajunge să fie tangent la cei doi poli [30], [56], [57].

Datorită formei Pământului, a mişcării de revoluţie şi a poziţiei axei polilor, în decursul anului, unghiul pe care îl fac razele solare cu suprafaţa terestră în acelaşi punct, variază.

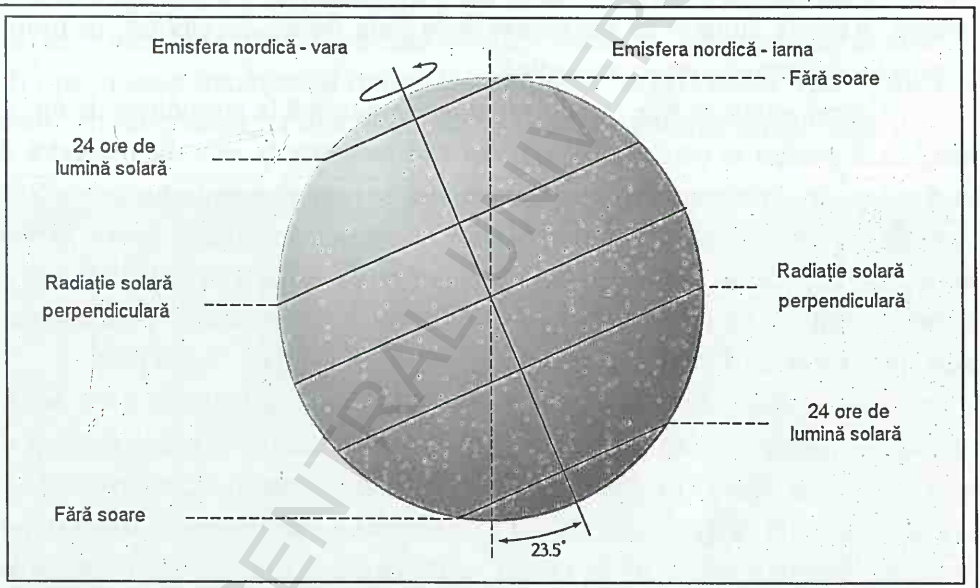

Figura nr. 914 Radiaţia solară şi identificarea pe suprafaţa Terrei a paralelelor distincte: Ecuator, tropice şi cercuri polare (prelucrare după Elkins-Tanton, L. T. 2006).

Solstiţiile sunt situaţiile în care razele solare ajung perpendiculare pe suprafaţa terestră în cele mai îndepărtate puncte faţă de Ecuator. În timpul solstiţiilor, razele solare ajung perpendicular la latitudinea de 23°27' şi tangente la 66°33'. Una din emisfere este îndreptată mai mult spre Soare, încât întreaga calotă polară, până la 66°33' este iluminată, în timp ce calota opusă este eclipsată. În cursul unui an se individualizează două asemenea momente. La

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

etapa actuală, în emisfera nordică, solstiţiul de vară se produce la 22 iunie, iar solstiţiul de iarnă la 22 decembrie. La solstiţiul de vară se produce ziua cea mai lungă, la cel de iarnă are loc ziua cea mai scurtă din timpul anului.

În funcţie de cantitatea de energie primită de la Soare, suprafaţa Pământului a fost separată de o serie de paralele distincte (Fig.914). *Tropicul de Nord (Tropicul Racului)* situat în emisfera nordică la latitudinea de 23°27' marchează poziţia cea mai nordică la care razele soarelui cad perpendicular pe suprafaţa terestră. Această situaţie se înregistrează în data de 22 iunie, în timpul solstiţiului de vară din emisfera nordică. *Tropicul de Sud (Tropicul Capricornului)* situat în emisfera sudică la latitudinea de 23°27' marchează poziţia cea mai sudică la care razele soarelui cad perpendicular pe suprafaţa terestră. Această situaţie se înregistrează în data de 22 decembrie, în timpul solstiţiului de vară din emisfera sudică.

Cercul polar de Nord situat în emisfera nordică la latitudinea de 66°33' marchează poziţia la care razele soarelui cad tangente la suprafaţa terestră de două ori pe an. Prima situaţie se înregistrează în timpul solstiţiului de vară din 22 iunie când întreaga calotă polară situată la latitudini mai mari de 66°33' este iluminată timp de 24 ore pe zi iar cea de-a doua situaţie se înregistrează în timpul solstiţiului de iarnă din 22 decembrie când aceeaşi calotă polară situată la latitudini mai mari de 66°33' rămâne în întuneric timp de 24 ore pe zi.

Cercul polar de Sud situat în emisfera sudică la latitudinea de 66°33' marchează poziţia la care razele soarelui cad tangente la suprafaţa terestră de două ori pe an. Ca şi în emisfera nordică prima situaţie se înregistrează în timpul solstiţiului de vară australă din 22 decembrie când întreaga calotă polară situată la latitudini mai mari de 66°33' este iluminată timp de 24 ore pe zi iar cea de-a doua situaţie se înregistrează în timpul solstiţiului de iarnă australă din 22 iunie când aceeaşi calotă polară situată la latitudini mai mari de 66°33' rămâne în întuneric timp de 24 ore pe zi [18], [30].

Între aceste paralele delimitate la suprafaţa Pământului de unghiul de incidenţă a radiaţiei solare se situează zone care sunt iluminate şi încălzite în mod diferit. Între tropice se găseşte *zona caldă,* în cuprinsul căreia razele solare ajung perpendicular pe suprafaţa terestră de două ori pe an. Între tropice şi cercurile polare sunt situate *zonele temperate,* unde încălzirea este moderată căci razele solare fac unghiuri ascuţite cu suprafaţa terestră. Dincolo de

cercurile polare se situează *zonele reci* în cuprinsul cărora razele solare ajung peste tot tangente de două ori pe an, în restul timpului fac unghiuri mici cu suprafaţa terestră [8].

9.3.1.Calendarul Iulian şi Calendarul Gregorian

Timpul scurs între producerea de două ori consecutiv a aceluiaşi echinocţiu se numeşte an tropic (încheie succesiunea anotimpurilor) şi acesta are 365 zile, 5 ore, 48 minute şi 46 secunde, fiind deci mai scurt ca anul sideral. De aici problema calendarului. Anul calendaristic are 365 zile şi 6 ore, încât, din necesităţi practice, se consideră 3 ani a câte 365 zile şi al patrulea an de 366 zile (an bisect, luna februarie având 29 zile). Deoarece a fost adoptat în anul 45 Î.Hr., pe vremea împăratului roman Iulius Caesar, acesta a fost numit Calendar Iulian. Acest calendar a fost întocmit cu ajutorul astronomului Sosigenes din

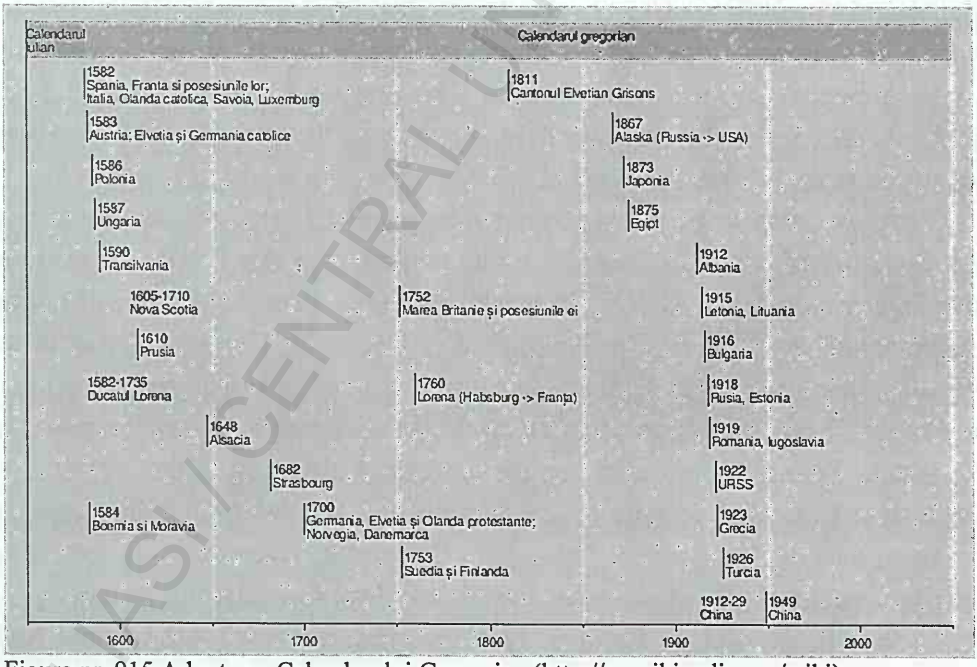

Figura nr. 915 Adoptarea Calendarului Gregorian (http://ro.wikipedia.org/wiki)

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Alexandria, anul obişnuit având 365 zile şi fiind împărţit în 12 luni. Conform acestui calendar după fiecare trei ani normali urmează un an bisect în care luna februarie are o zi în plus, respectiv 29 zile. Calendarul Iulian a fost utilizat în unele ţări până în secolul al XX-lea fiind încă folosit de mai multe biserici ortodoxe naţionale. Dezavantajul acestui calendar constă în faptul că anul astronomic este mai lung cu 11 minute faţă de un an mediu calculat după Calendarul Iulian. Rezultă că la fiecare 128 ani Calendarul Iulian rămâne în urmă cu o zi faţă de calendarul astronomic.

A fost nevoie de o corecţie a calendarului, care a fost efectuată pe vremea papei Grigore al XIII -lea, când s-a hotărât ca în loc de 4 octombrie 1582 să se considere 15 octombrie, corijându-se astfel rămânerea în urmă a calendarului. Pentru că a fost elaborat pe vremea papei Grigore al XIII -lea, acest, calendar poartă numele de Calendar Gregorian. Noul calendar nu a fost acceptat de toată lumea şi astăzi unele biserici mai folosesc «stilul vechi» (Calendarul Iulian). După apariţia noului calendar puţine ţări s-au grăbit sa-l adopte astfel încât în anul 1582 calendarul a fost implementat în Italia, Franţa, Spania şi Portugalia. Ţările necatolice au fost reticente la acest calendar. Anglia împreună cu toate coloniile sale a adoptat noul calendar în anul 1752 când data de 2 septembrie a devenit 14 septembrie, Rusia a adoptat Calendarul Gregorian în anul 1918, România în 1919 iar Grecia în anul 1923 (Fig.915).

Acest calendar nu a fost adoptat şi de bisericile ortodoxe răsăritene care au propus în anul 1923 un Calendar Iulian revizuit care tăia 13 zile din acel an. Bisericile ortodoxe din Grecia, Bulgaria, România şi unele biserici din zona mediteraniană cum ar fi: Constantinopol, Alexandria, Cipru şi Antiohia au adoptat Calendarul Iulian revizuit. Respectivele biserici sărbătoresc Crăciunul pe data de 25 decembrie, simultan cu bisericile occidentale. Bisericile ortodoxe din Rusia, Serbia şi Ierusalim nu au acceptat Calendarul Iulian revizuit şi sărbătoresc Crăciunul pe data de 25 decembrie a Calendarului Iulian ceea ce înseamnă data de 7 ianuarie în Calendarul Gregorian. Toate bisericile ortodoxe răsăritene continuă să sărbătorească Paştele conform Calendarului Iulian.

Stabilirea zilei de Paşte se face în prima duminică după prima lună plină care cade după sau de echinocţiul de primăvară. Diferenţele care apar în stabilirea Paştelui între bisericile catolice şi protestante pe deoparte şi bisericile ortodoxe de cealaltă parte rezidă din faptul că în bisericile ortodoxe echinocţiul

de primăvară este fixat pe 21 martie în Calendarul Iulian ceea ce înseamnă 3 aprilie în Calendarul Gregorian în timp ce în bisericile catolică şi protestantă echinocţiul este fixat pe data de 21 martie din Calendarul Gregorian. Din această cauză data Paştelui în biserica ortodoxă nu poate fi mai devreme de 4 aprilie în timp ce în cazul bisericilor catolică şi protestantă data paştelui nu poate fi mai devreme de 22 martie.

9.4.Structura internă a Pământului

Compoziţia petrografică şi parametrii fizico-chimici din interiorul Pământului sunt relativ bine cunoscute la adâncimi mici şi din ce în ce mai puţin cunoscute pe măsură ce adâncimea creşte. Deoarece la adâncimi mari observaţiile directe sunt imposibil de realizat (tehnologia actuală nu permite) au fost perfecţionate o serie de metode indirecte care facilitează obţinerea de informaţii despre interiorul Pământului.

Crusta este relativ bine cunoscută deoarece poate fi analizată direct dar în anumite situaţii se pot obţine informaţii şi despre mantaua superioară a Pământului prin aducerea la suprafaţă a unor fragmente odată cu erupţiile vulcanice sau cu o serie de mişcări tectonice de înălţare. Alte informaţii despre compoziţia internă a Terrei au fost obţinute din analiza unor meteoriţi sau din reproducerea în laborator a unor condiţii fizice specifice. A fost studiat comportamentul unor minerale şi roci în condiţii de temperatură şi presiune ridicate.

Oamenii de ştiinţă au obţinut informaţii şi din analiza propagării undelor seismice care traversează interiorul planetei. Această metodă a dus la concluzia că nucleul extern al Pământului este în stare lichidă, premisă ce a reconfigurat ipotezele cu privire la interiorul Terrei. În prezent există numeroase foraje care pătrund în scoarţă până la adâncimi de mii de metri însă, deşi cele mai adânci foraje depăşesc 12000 m adâncime (forajul din peninsula Kola din Rusia de 12262m) sau cel mai adânc foraj din lume (12345 m) finalizat recent la 28 ianuarie 2011 de către compania petrolieră Exxon Neftegas Ltd. în zona insulei Sahalin din extremul orient al Rusiei, nici acestea

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

nu reuşesc să ajungă până la partea superioară a mantalei, rămânând în scoarţa terestră.

Din observaţiile făcute asupra scoarţei terestre s-a constatat că temperatura creşte odată cu adâncimea, cu o valoare medie de 3° la 100m. Această energie termică se pare că provine de la o serie de dezintegrări radioactive ale atomilor din întreaga masă a planetei, energie care este disipată de Pământ în exterior [18]. Fluxul de căldură ce tranzitează scoarţa terestră spre exterior a fost măsurat cu ajutorul unor dispozitive plasate în diferite zone ale globului. S-a constatat că în zonele cu vulcanism activ fluxul termic este mult mai mare decât în zonele liniştite din acest puct de vedere[7]. Având în vedere transferul de căldură din interiorul spre exteriorul planetei s-a ajuns la concluzia că sub scoarţa Terrei se pot înregistra temperaturi care ajung în

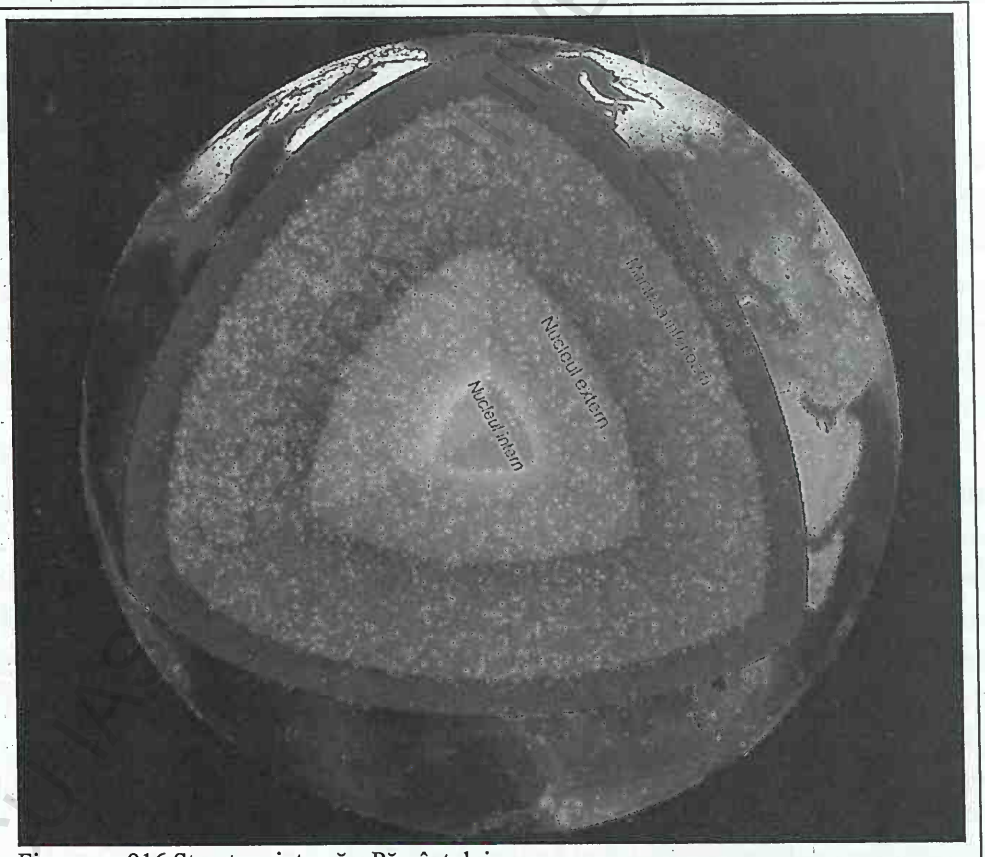

Figura nr. 916 Structura internă a Pământului

nucleul intern la 4800°C. În acelaşi sens, odată cu temperatura creşte şi presiunea care ajunge în nucleul intern la cca. 4 milioane atmosfere.

La scara timpului geologic rocile supuse unor astfel de temperaturi şi presiuni ridicate sunt capabile să „curgă" deşi nu sunt lichide. Acest comportament al materiei din interiorul planetei duce la crearea unor adevăraţi curenţi de convecţie care transferă energia din interiorul Pământului spre exterior. Sub efectul curenţilor de convecţie, plăcile tectonice care constituie scoarţa Pământului se deplasează cu viteze de câţiva centimetri pe an dar care la scara timpului geologic reuşesc să parcurgă mii de kilometrii. Placile tectonice sunt strâns legate de materia dinamică de sub acestea care aparţine mantalei. Partea superioară din manta care se află în apropierea crustei este mai rece decât restul mantalei şi împreună cu crusta formează litosfera. Sub litosferă restul de manta rămâne destul de fierbinte pentru a putea forma curenţi de convecţie ce se deplasează cu viteze medii de zeci de centimetri pe an.

Pe baza analizei undelor seismice care traversează interiorul Terrei seismologii au ajuns la concluzia că nucleul planetei este constituit din materie cu compoziţie mineralogică diferită de materia din manta şi scoarţă. Analiza mineralogică a materiei din manta şi scoarţă relevă faptul că aceste învelişuri sunt constituite predominant din minerale cu conţinut de siliciu (silicaţi). Compoziţia mineralogică a materiei din nucleul Pământului a fost apreciată indirect prin analiza meteoriţilor care au căzut pe Terra. S-a constatat că meteoriţii au un conţinut mult mai mare de fier şi nichel, materie primară specifică planetelor telurice, care nu se regăseşte şi pe Terra în cadrul scoarţei şi mantalei. În consecinţă se poate considera că în faza iniţială de formare a planetei când temparaturile erau ridicate elementele grele de tipul fierului şi nichelului au migrat spre interior localizându-se în nucleu. Rezultă astfel că nucleul Pământului este constituit predominant din fier la care se adaugă nichel şi o pondere redusă din alte elemente [18].

În concordanţă cu cele prezentate anterior se poate constata că Pământul are de la exterior spre interior o structură relativ simplă. Primul strat situat la exterior, cu grosimea cea mai redusă şi cu temperatura cea mai scăzută, se numeşte crustă sau scoarţă. Spre interior, imediat sub scoarţă, se situează mantaua superioară care aflându-se în contact cu scoarţa are o

BCU "IOAN SLAVICI" UNIVERSITY LIBRARY

temperatură mai scăzută decât mantaua situată în profunzime. Scoarţa împreună cu mantaua superioară formează litosfera. Sub litosferă se situează mantaua de convecţie iar sub aceasta se află poziţionat nucleul extern constituit din metal lichid sub care se află nucleul intern format din metal solid (Fig.916) [56], [57].

9.4.1.Crusta (scoarţa)

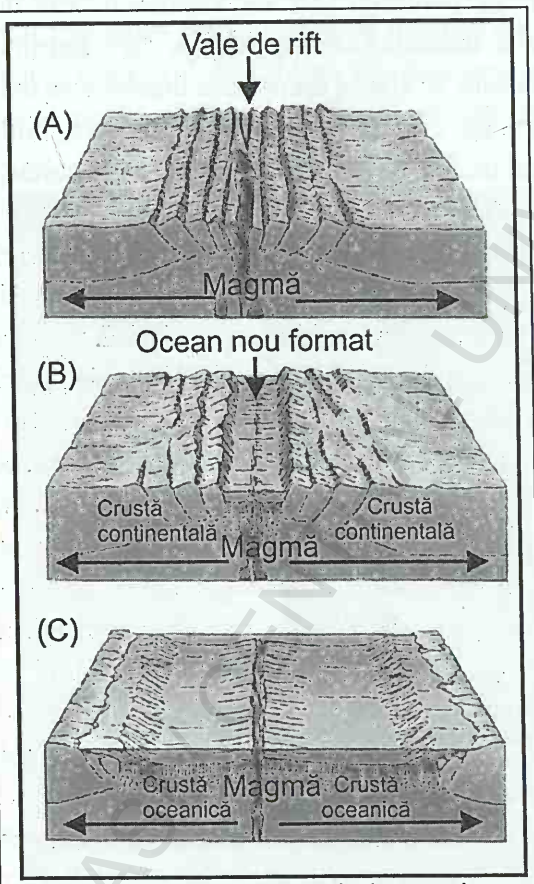

Figura nr. 917a Contact tectonic de extensie. (Prelucrare după Strahler A. 2011).

Reprezintă doar 0,5% din masa totală a planetei însă este cea mai importantă componentă structural internă a Terrei deoarece constituie suportul celorlalte geosfere. Crusta este constituită din roci magmatice, metamorfice şi sedimentare. Rocile sedimentare ocupă o poziţie superficială în cadrul scoarţei fiind derivate din acţiunea agenţilor de modelare externi asupra rocilor magmatice şi metamorfice. Calcarele, gresiile, conglomeratele, argilele, etc fiind produse ale acţiunii apei, gheţii, vântului precum şi a altor procese combinate, ocupă suprafeţe semnificative în special în zonele continentale sau în zonele platformelor marine.

Scoarţa continentală are grosimi mai mari decât scoarţa oceanică, fiind constituită din roci cu densitate mai mică decât densitatea rocilor din scoarţa oceanică. Datorită densităţiilor diferite scoarţa oceanică se subduce sub cea continentală ajungând

să se topească din nou în manta. În aceste condiţii vârsta scoarţei oceanice nu poate fi mult mai mare de 200 milioane de ani. Scoarţa oceanică are o grosime medie de cca. 70km şi este constituită predominant din bazalt, o rocă magmatică de culoare închisă care se formează treptat prin aportul de magmă din mantaua superioară şi ajunge la grosimea precizată pe parcursul a cca. 10 mil ani.

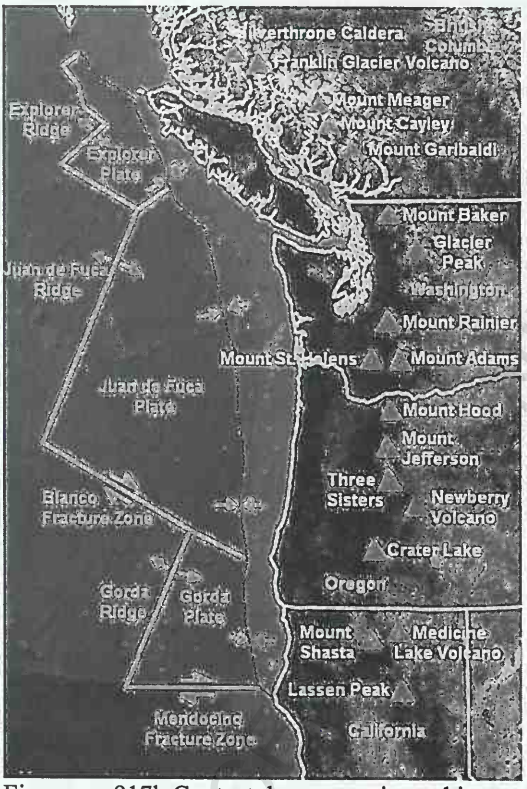

Figura nr. 917b Contact de compresie - schiţa tectonică şi principalii vulcani din zona Munţilor Cascade. (Gabler, R. E., et all. 2009)

Scoarţa continentală fiind constituită dintr-o categorie mult mai mare de roci, prezintă o gamă mult mai largă de vârste. Cele mai vechi roci de pe Terra sunt nişte gabrouri şi amfibolite descoperite în nord estul Canadei, în apropierea golfului Hudson cu o vârstă de cca. 4,28 miliarde de ani. Estimarea vârstei s-a bazat pe izotopul radioactiv neodymium-142 conţinut de rocile în cauză. Având în vedere vârsta estimată a Terrei de cca. 4,6 miliarde de ani se poate spune că a fost descoperit un fragment din scoarţa primordială a planetei.

Scoarţa Pământului este fragmentată în 12 placi tectonice majore care au o dinamică specifică. Au fost identificate trei tipuri de limite existente între aceste unităţi tectonice (Fig.919).

Primul tip este denumit contact de extensie specific în special oceanelor Atlantic şi Pacific unde placile tectonice se îndepărtează una de cealaltă (Fig.917a). În lungul acestor limite se dezvoltă aşa numitele dorsale oceanice

care se prezintă sub forma unor munţi ce deţin, în părţile mediane, fracturi profunde sub forma unor văi adânci. În lungul acestor fracturi magma provenită din manta urcă spre suprafaţă solidificându-se în contact cu apa şi lipindu-se de pereţii laterali ai văii. Prin acest mecanism scoarţa oceanică se formează în permanenţă cu un volum mediu anual de cca. 4km^3. Sub efectul presiunii exercitate prin acumularea materialului în zona de rift, placile tectonice sunt împinse în lateral, scoarţa oceanică îngroşându-se şi având o vârstă tot mai mare pe măsură ce se îndepărtează de zona de contact.

Al doilea tip de contact este denumit contact de compresie şi este

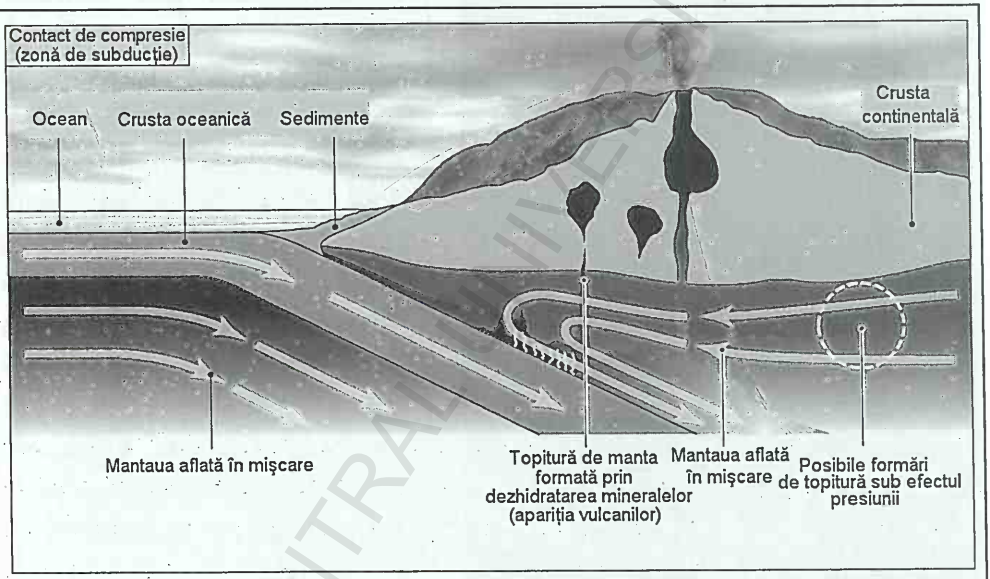

Figura nr. 918 Contact de compresie. (Prelucrare după Elkins-Tanton, L. T. 2006)

specific zonelor de convergenţă a plăcilor tectonice (Fig.917b). Particularitatea contactului de compresie este dată de formarea unei zone de subducţie în care placa tectonică cu densitatea cea mai mare (scoarţa oceanică) pătrunde sub placa tectonică cu densitate mai mică (scoarţa continentală), (Fig.918) [18]. Prin acest mecanism placa oceanică este constrânsă să pătrundă în manta unde se topeşte. Prin pătrunderea plăcii în manta are loc o scădere a temperaturii materiei din jur producându-se astfel o diferenţiere termică în interiorul mantalei şi apariţia unor curenţi de convecţie care tind să omogenizeze temperatura.

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

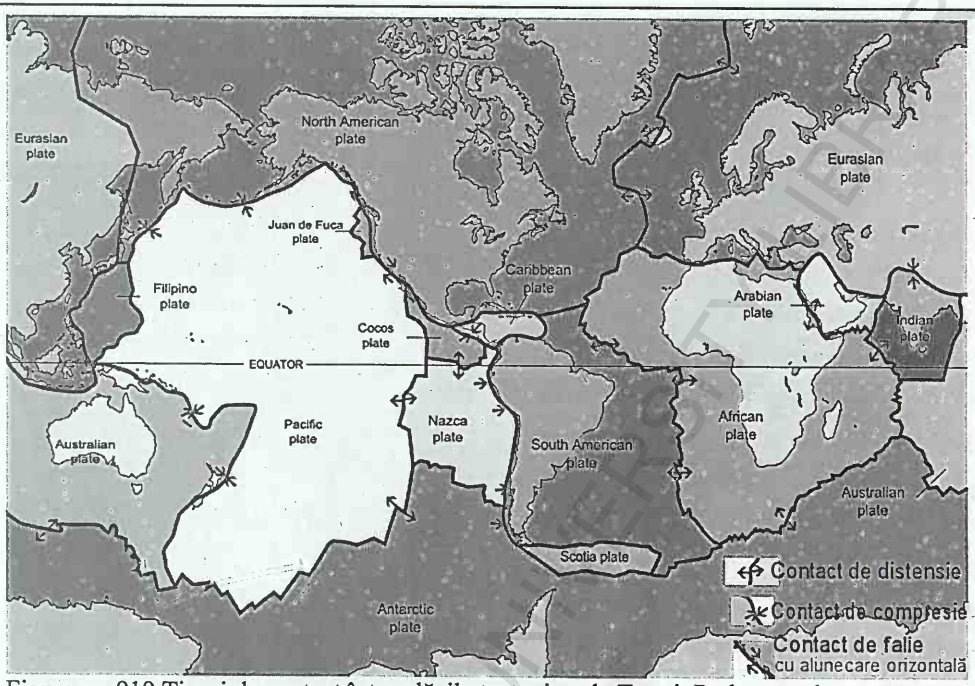

Figura nr. 919 Tipuri de contact între plăcile tectonice ale Terrei. Prelucrare după sursă (sursa:http://pubs.usgs.gov/gip)

Datorită rugozităţii plăcilor tectonice ce intră în contact în zonele de subducţie se produc numeroase cutremure iar prin fracturarea plăcilor intrate în contact precum şi prin efectul creat de deshidratarea mineralelor ce pătrund în manta şi se topesc se pot forma numeroase aparate vulcanice cum sunt cele din cercul de foc al Pacificului (vulcanii din insulele japoneze, inclusiv Fuji San, din insulele Filipine, inclusiv Pinatubo, din munţii Cascade, inclusiv Mount Saint Helens etc). În situaţia contactului de compresie dintre două plăci tectonice continentale rezultă o deformare tectonică accentuată a marginilor acestora, cu apariţia unor lanţuri montane majore cum este cazul Munţilor Himalaya (Vf. Everest- 8850m) formaţi în urma coliziunii dintre placa Indiană şi placa Eurasiatică.

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Figura nr. 920 Contact de falie cu deplasare orizontală. (prelucrare după http://en.wikipedia.org)

Al treilea tip de contact poate fi denumit contact de falie cu deplasare orizontală (decroşare) întâlnit în mai multe locaţii ale globului terestru dar foarte bine pus în evidenţă în California în lungul faliei San Andreas care separă Placa Nord Americană de Placa Pacifică. Acest tip de contact generează numeroase cutremure, unele dintre ele cu intensitate foarte mare (Fig.920) [56], [57].

9.4.2.Mantaua Pământului

Deşi în lucrările apărute în ultimi ani informaţiile despre mantaua superioară acreditau ideea că aceasta ar fi într-o stare de topitură fluidă, în prezent prinde din ce în ce mai mult teren o nouă ipoteză conform căreia mantaua superioară se caracterizează printr-o stare solidă care, aflându-se la temperaturi şi presiuni mai reduse dacât restul mantalei, are o plasticitate mai avansată. Conform acestei acceptiuni doar mici sectoare din mantaua superioară se pot afla într-o stare de topitură în strânsă relaţie cu zonele de rift, acolo unde topitura apare prin depresurizare dar şi în zonele de subducţie, unde topitura poate să apară ca urmare a pătrunderii apei odată cu sedimentele aferente plăcii subduse. Apa pătrunsă în manta scade temperatura de topire a acesteia şi stimulează activitatea vulcanică din zonele respective.

BCU "LUCIAN BLAGA" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Compoziţia mineralogică a mantalei a fost aproximată printr-o serie de analize făcute asupra unor materiale expulzate din manta odată cu manifestările vulcanice (xenoliţi) sau indirect prin analiza undelor seismice. Mantaua este constituită în proporţie de 46% din siliciu (SiO_2), 38% din oxid de magneziu (MgO), 7% oxid de fier (FeO), 4% alumină (Al_2O_3), 3% oxid de calciu (CaO), 0,5% oxid de sodiu (Na_2O), şi aproximativ 1,5 % alte elemente. Se constată că cea mai mare pondere este deţinută de silicaţi, minerale care determină densitatea materiei, vâscozitatea, modul de propagare a undelor seismice, comportamentul topiturii care este în relaţie directă cu tipurile de magmă care ajunge în scoarţă sau lavă care ajunge la suprafaţă prin manifestări vulcanice [8].

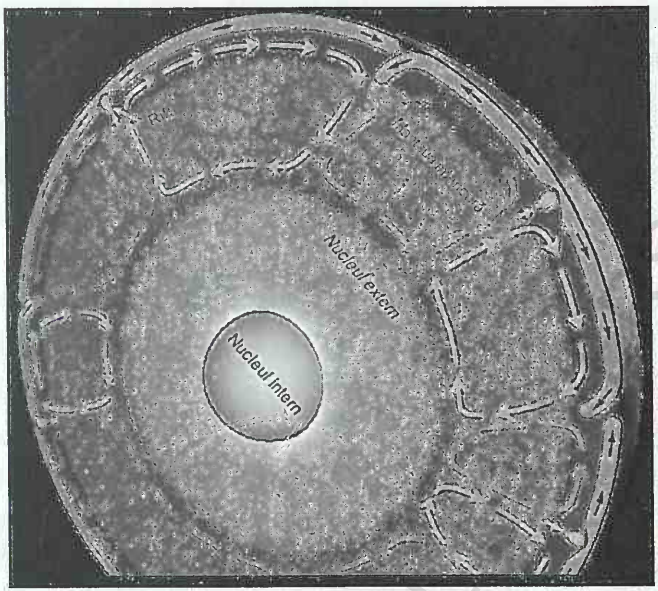

Figura nr. 921 Structura internă a Pământului. Curenţii de convecţie din manta

După modul de propagare a undelor seismice mantaua a fost divizată în mantaua superioară, situată până la adâncimea de 670km şi mantaua inferioară situată între 670 şi 2900km adâncime. Delimitarea dintre cele două diviziuni ale mantalei se face printr-o discontinuitate a undelor seismice situată la adâncimea de 670m. Pe baza analizei xenoliţilor a fost determinată mineralogia mantalei superioare unde se găsesc cantităţi importante de olivină [(Mg, Fe)2SiO4], clinopiroxeni [(Ca,Mg,Fe,Al)2(Si,Al)206], ortopiroxeni [(Mg, Fe)SiO3].

Discontinuitatea undelor seismice de la adâncimea de 670km a fost interpretată ca fiind rezultatul transformărilor pe care le au mineralele supuse

unor presiuni şi temperaturi ridicate. Astfel, sub efectul creşterii presiunii şi temperaturii, mineralele de olivină din manta se transformă într-o stare numită y-olivină iar ulterior la presiuni şi temperaturi şi mai ridicate y-olivina se transformă în perovskit. Printr-o serie de experimente de laborator s-a ajuns la concluzia că transformarea y-olivinei în perovskit determină schimbări majore care modifică modul de propagare a undelor seismice. Aceasta apare la o presiune şi temperatură care corespunde cu adâncimea de 670km. Având în vedere faptul că volumul mantalei deţine mai mult de jumătate din volumul Pământului, cunoştinţele referitoare la aceasta sunt extreme de puţine, existând numeroase necunoscute legate de stratificarea acesteia sau de comportamentul unor minerale la presiuni şi temperaturi ridicate.

Importante discontinuităţi ale undelor seismice sunt sesizate şi la limita inferioară a mantalei la adâncimi cuprinse între 2700 şi 2900km. Această zonă este cunoscută sub denumirea de discontinuitatea D" (se pronunţă D dublu prim) şi se remarcă printr-o variaţie importantă a grosimii acesteia. Geofizicienii sunt de părere că această discontinuitate în viteza de propagare a undelor seismice ar trebui să aibă la origine o schimbare a compoziţiei chimice. Conform ipotezei lansate de un grup de geofizicieni americani, între care se aflau şi Kellogg. L. şi Hager, B., discontinuitatea D" poate sta la originea penelor fierbinţi care traversează mantaua şi ajung la suprafaţă în interiorul unei plăci tectonice, formând aparate vulcanice de tipul celor din Hawaii. Materia ce intră în componenţa mantalei este supusă unei presiuni şi temparaturi foarte ridicate şi din această cauză devine plastică şi curge încet de-a lungul timpului, mişcându-se în cadrul unor celule de convecţie cu câţiva cm pe an în apropierea scoarţei şi cu viteze posibil mai mari în zona de profunzime.

Mişcarea de convecţie din interiorul mantalei depinde de vâscozitatea acesteia. Pentru mantaua superioară a fost calculată o vâscozitate dinamică cuprinsă între 10^{19} şi 10^{20}Pa.s (pascal-secundă) asemănătoare cu vâscozitatea sticlei solide (10^{19}Pa.s). Referitor la celulele de convecţie din manta există în prezent doua ipoteze agreate de cercetători. Prima ipoteză presupune că există două etaje de convecţie separate de discontinuitatea de la 670km, deci convecţie separată pentru mantaua superioară şi convecţie separată pentru mantaua inferioară. A doua ipoteză presupune existenţa unei convecţii unitare

pentru mantaua Terrei. Convecţia este susţinută de subducţia plăcilor tectonice care pătrund adânc în aceasta şi răcesc materia din apropiere. Această reducere a temperaturii poate să încetinească viteza de propagare a undelor seismice şi, în aceste condiţii, să apară discontinuitatea de la 670 km adâncime. În zonele de subducţie pătrunderea plăcilor tectonice în manta poate determina o diversificare a materialului din compoziţia acesteia cu apariţia unei succesiuni eterogene din punct de vedere al chimismului (Fig.921) [18], [56], [57].

9.4.3.Nucleul Pământului

Deţine mai mult de jumătate din raza Terrei aflându-se la adâncimi cuprinse între 2900 şi 6378km. Din cercetările efectuate asupra undelor seismice care traverscază centrul planetei rezultă că nucleul prezintă două mari sectoare. Nucleul extern, aflat în stare lichidă, situat imediat sub manta între adâncimile de 2900 şi 5150km şi nucleul intern, aflat în stare solidă, situat între adâncimile de 5150 şi 6378m. Nucleul deţine 32,5% din masa Pământului, fiind constituit dintr-o materie cu densitate foarte mare. Din analiza compoziţiei chimice a meteoriţilor care se presupune că fac parte din materia primară din care s-au format planetele telurice ale Sistemului Solar şi având în vedere densitatea mare a părţii centrale a planetei, a rezultat că nucleul este constituit în proporţie de 85% din fier, 8% nichel şi 7% alte elemente mai uşoare (sulf, potasiu, oxigen, carbon, siliciu etc). Starea lichidă a nucleului exern a fost determinată pe baza analizei propagării undelor seismice produse de cutremurele crustale.

Cutremurele majore produc mai multe tipuri de unde seimice care se propagă fie spre interiorul planetei fie doar la suprafaţa acesteia la contactul dintre scoarţă şi atmosferă. Undele seismice care se propagă spre interiorul planetei sunt catalogate în unde P şi unde S. Undele P (primare) sunt unde de compresie şi decompresie care se pot deplasa prin solide, lichide şi gaze în timp ce undele S (secundare) sunt undele de forfecare care nu se pot deplasa prin lichide. Acestea din urmă sunt undele care nu se propagă prin nucleul

BCU "ASTRA" UNIVERSITY LIBRARY

extern lichid formând, în partea opusă cutremurului, o zonă de umbră unde undele nu ajung la suprafaţă.

În anul 1910, prin studierea propagării undelor seismice în interiorul planetei, s-a lansat ipoteza că nucleul extern al Pământului este lichid. Există studii în care este acreditată ideea că în nucleul extern lichid convecţia este prezentă şi materia se deplasează cu viteze cuprinse între 10 şi 100 km pe an. În anul 1936, în baza studierii modului de propagare a undelor P prin interiorul planetei a fost lansată ipoteza existenţei unui nucleu intern solid deoarece viteza de propagare creştea faţă de nucleul extern şi acest lucru a fost corelat cu un solid cu densitate foarte mare. Zona de trecere de la nucleul extern lichid la nucleul intern solid situată la adâncimea de 5150km a fost denumită *discontinuitatea Lehmann* după numele geofizicianului danez Inge Lehmann care a lansat ipoteza că nucleul intern este solid [18].

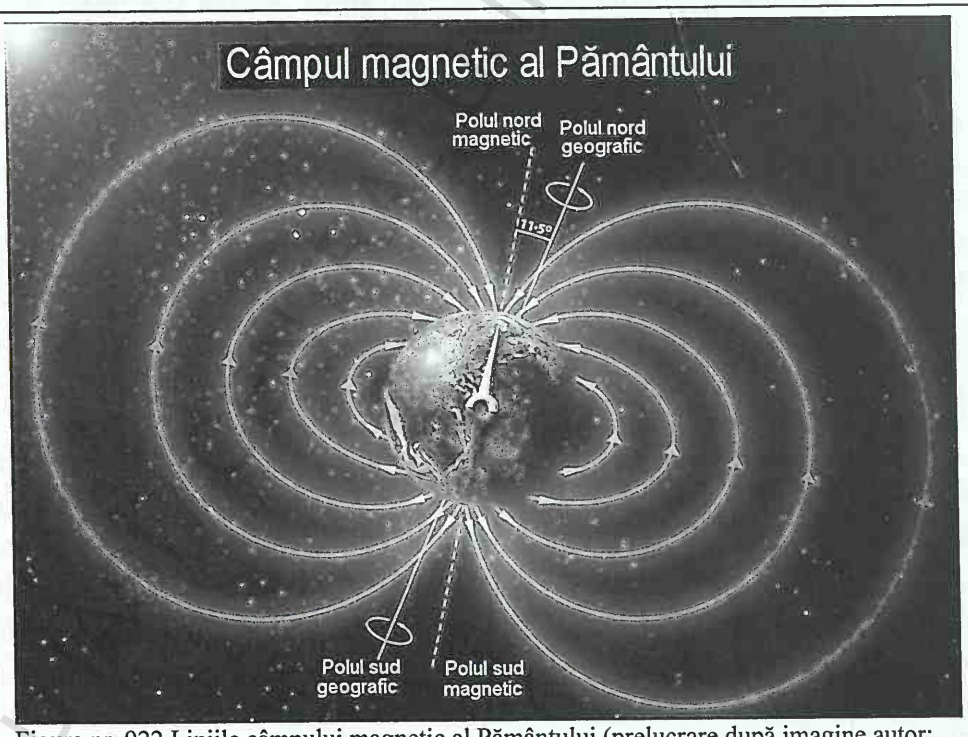

Figura nr. 922 Liniile câmpului magnetic al Pământului (prelucrare după imagine autor: Peter Reid, The University of Edinburgh, 2009)

Mişcarea de convecţie din nucleul extern asociată cu mişcarea de rotaţie a Terrei constituie principalul factor generator al câmpului magnetic al planetei

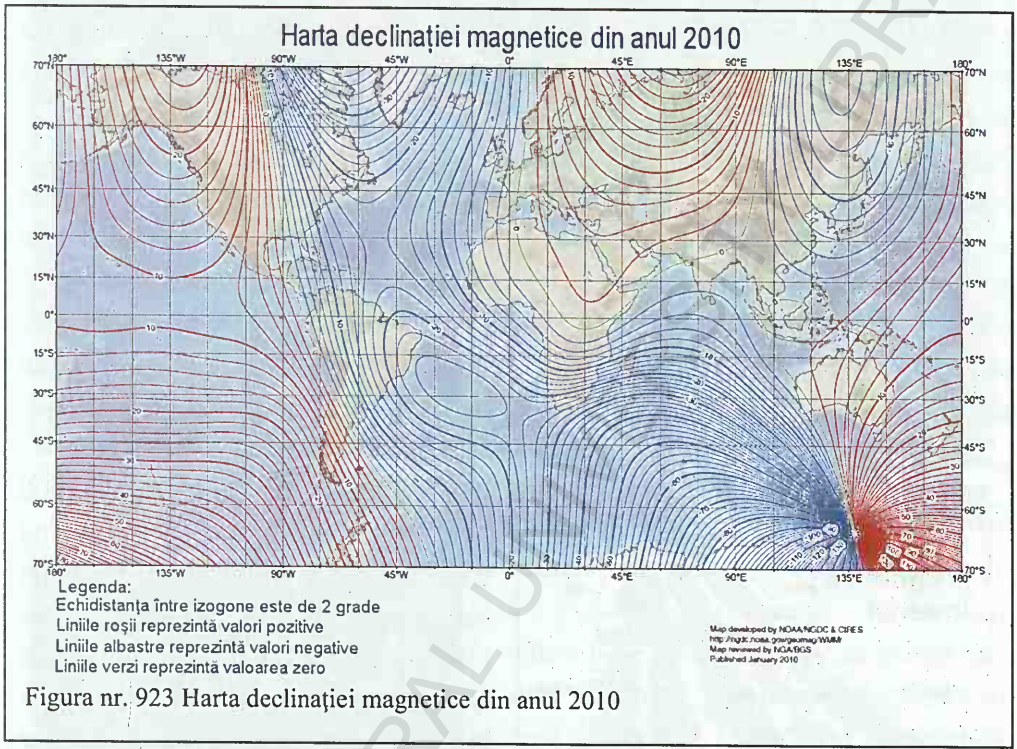

Figura nr. 923 Harta declinaţiei magnetice din anul 2010

(Fig.922). Nucleul intern solid se pare că se roteşte mai rapid decât nucleul extern lichid si acest fapt duce la întinderea şi răsucirea liniilor de câmp magnetic care formează un sistem complex cu multe necunoscute pentru nivelul conoştinţelor din prezent. Câmpul magnetic al Pământului este asociat unui sistem magnetic bipolar, al cărui flux magnetic se îndreaptă de la polul sud magnetic spre polul nord magnetic. Direcţia şi intensitatea câmpului magnetic al Terrei se schimbă destul de frecvent la scara timpului geologic. De asemenea poziţia polilor magnetici ai planetei se modifică având în prezent o rată medie de deplasare de cca. 42 km/an. La scară planetară câmpul magnetic al Pământului este mai puternic în zona polilor şi mai slab la ecuator. În legătură cu liniile câmpului magnetic se poate vorbi despre înclinaţie şi declinaţie magnetică terestră.

Înclinaţia magnetică reprezintă unghiul pe care liniile câmpului magnetic îl fac cu suprafaţa terestră [42]. Acest unghi variază între 0 grade la Ecuator (liniile câmpului magnetic sunt paralele cu suprafaţa terestră) şi 90 grade la poli (liniile câmpului magnetic sunt perpendiculare pe suprafaţa terestră). Din perspectiva unui anumit punct de pe suprafaţa terestră declinaţia magnetică reprezintă unghiul rezultat între nordul magnetic şi nordul geografic. Pentru navigaţie şi alte activităţi antropice pentru care este necesară utilizarea compasului magnetic au fost întocmite hărţi ale declinaţiei magnetice. Cele mai utilizate sunt hărţile în izogone pentru care liniile roşii reprezintă o declinaţie pozitivă (estică), liniile albastre reprezintă o declinaţie negativă (vestică) iar cele verzi reprezintă declinaţie zero (Fig.923). Făcând o comparaţie între câmpul magnetic al Terrei (30300 nT la ecuator) şi câmpurile magnetice ale altor planete din sistemul Solar (Mercur 600 nT, Venus 60 nT, Marte 60 nT, Jupiter 428000 nT, Saturn 21800 nT, Uranus 22800 nT şi Neptun 13300 nT) se observă că magnetismul terestru este foarte puternic fapt benefic pentru protecţia vieţii de pe planetă. Faptul că Pământul are un câmp magnetic mult mai mare decât în cazul altor planete este un mister care probabil va putea fi dezlegat doar prin cercetarea mai amplă a celorlalte planete. Un alt specific al Pământului este legat de inversarea completă a câmpului magnetic care se produce la un interval de timp cuprins între 10000 şi 100000 ani. La nivelul scoarţei oceanice au fost identificate benzi de lăţime variabilă în cadrul cărora mineralele de magnetit au o orientare conformă cu câmpul magnetic actual sau o orientare inversă acestuia (Fig.924, 925) [56], [57].

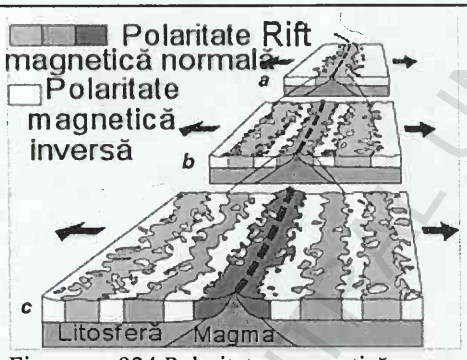

Figura nr. 924 Polaritatea magnetică specifică crustei oceanice din zonele de rift. Prelucrare după http://science.nasa.gov

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

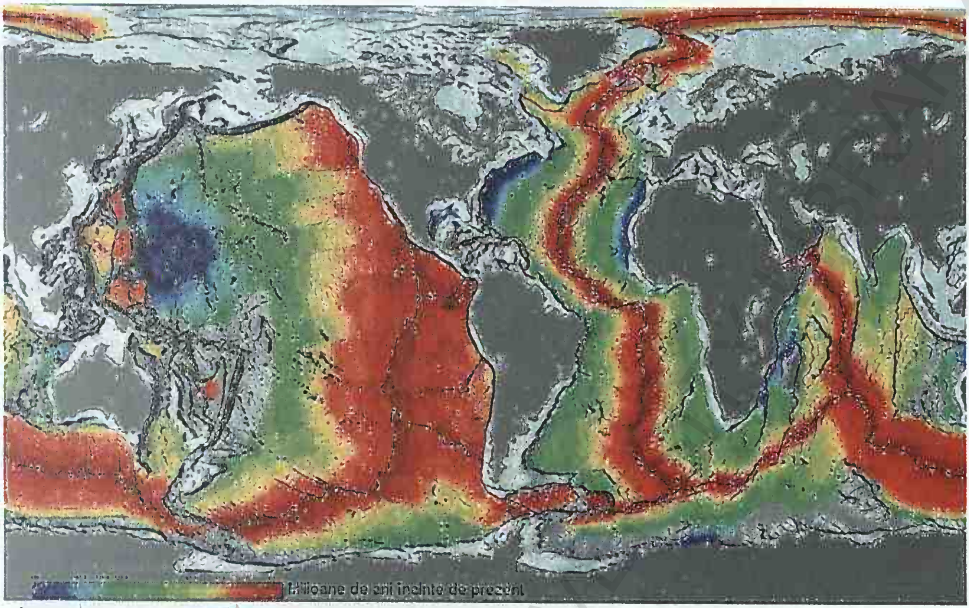

Figura nr. 925 Vârsta crustei oceanice din zonele de rift http://www.kutztown.edu

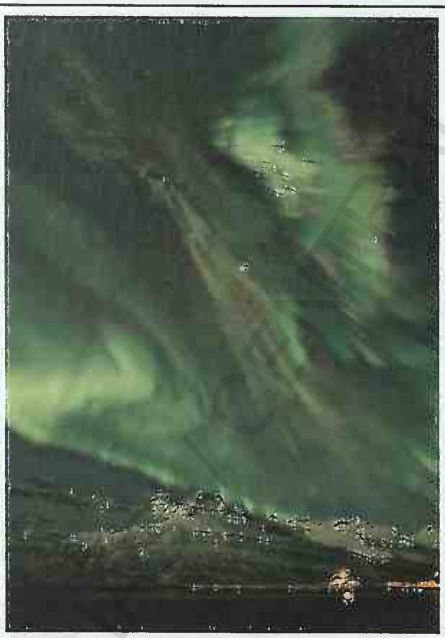

Figura nr. 926 Aurora boreala - Islanda

Conform unor măsurători făcute asupra câmpului magnetic al Pământului, în ultimii 150 ani acesta şi-a pierdut aproximativ 10% din intensitate. Există oameni de ştiinţă care sunt de părere că planeta se pregăteşte sa-şi schimbe polaritatea magnetică, schimbare care poate surveni pe parcursul a cca. 1000 ani. Este de menţionat faptul că unele modelări făcute cu ajutorul computerelor relevă faptul că în momentul schimbării polarităţii magnetice planeta poate să-şi diminueze capacitatea de apărare împotriva radiaţiei cosmice cu efecte devastatoare la nivelul vieţii care pot să meargă până la producerea unor adevărate extincţii în rândul unor specii.

Deoarece câmpul magnetic al Pământului este mai puternic în zona polilor acesta atrage particulele de

energie aferente vântului solar. Se formează astfel aurorele boreale şi australe care apar pe bolta cerească sub forma unor benzi de lumină colorată (Fig.926). Cele mai spectaculoase aurore se formează în apropierea celor doi poli magnetici ai Pământului. Frecvenţa şi intensitatea fenomenului sunt strâns legate de ciclicitatea erupţiilor solare. Cu cât vântul solar este mai puternic cu atât creşte posibilitatea observării de aurore la latitudini mai reduse specifice chiar zonelor temperate.

9.5.Sistemul Pământ-Lună

În mitologia greacă Selena sau Selene era denumirea dată zeiței Lunii. Este singurul satelit natural al Pământului cu un diametru de 3474,8 km, aproximativ un sfert din diametrul Terrei, al cărui profil în plan ar acoperii în

Tabel nr. 901 Raportul dintre diametrul celui mai mare satelit natural şi diametrul planetei în jurul căreia gravitează

Planetele majore din Sistemul Solar	Diametrul ecuatorial al planetei (km)	Cel mai mare satelit natural	Diametrul satelitului (km)	Diametrul satelitului/diametrul planetei
Mercur	4880 km	Nu are sateliți	-	
Venus	12103,6 km	Nu are sateliți	-	
Terra	12756,2 km	Luna	3474,8 km	0,27
Marte	6792 km	Phobos	22 km	0,003
Jupiter	142984 km	Ganymede	5268 km	0,03
Saturn	120536 km	Titan	5150 km	0,04
Uranus	51118 km	Titania	1577,8 km	0,03
Neptun	49528 km	Triton	2706 km	0,05

totalitate Europa între Lisabona şi Kiev [36]. Luna se încadrează categoriei sateliților mari, aflându-se pe locul 5 în Sistemul Solar după Ganymede, Titan, Callisto şi Io, având cel mai mare raport dintre diamentrul satelitului şi diametrul planetei în jurul căreia gravitează (Tab.901). Mişcarea de revoluție descrisă de Lună se realizează în 27,32 zile pământene (656 ore), pe o orbită

BCU IAŞI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

circumterestră la o distanță medie de 384401 km. Orbita Lunii este eliptică astfel încât la apogeu se află la o distanță de 405500 km în timp ce la perigeu distanța se reduce la 363300 km [36].

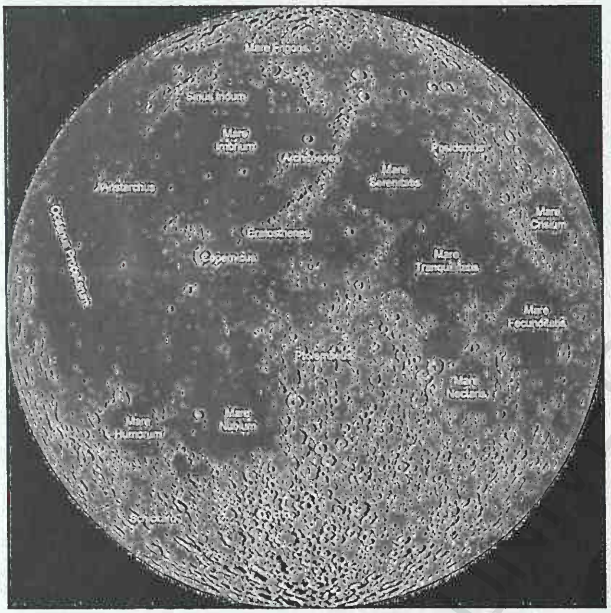

Figura nr. 927 Emisfera vizibilă de pe Terra. Credit NASA

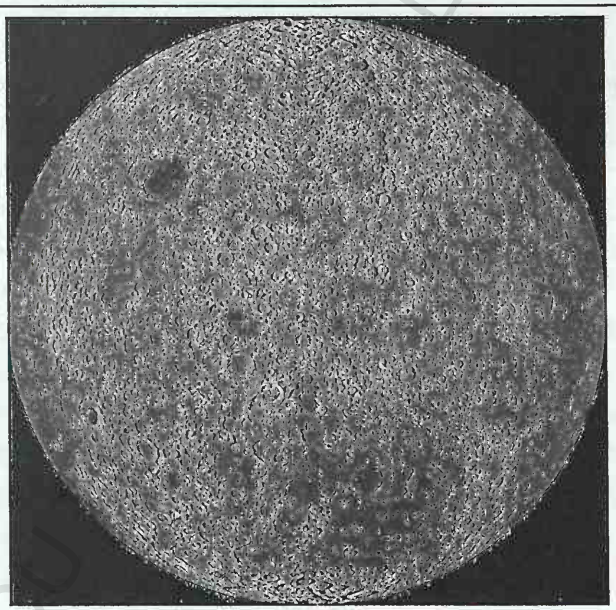

Figura nr. 928 Emisfera neobservabilă de pe Terra. Credit NASA

Mișcarea de rotație în jurul propriei axe, calculată de la amiază la amiază, se realizează în 29,53 zile (709 ore) în sens prograde (contrar acelor de ceasornic). Faptul că cele două mișcări (de revoluție și rotație) se realizează în aceeași durată de timp poartă denumirea de rotație sincronă [33]. Masa Lunii este estimată a fi de aproximativ 1% din masa Pământului, densitatea medie este de 3,341 g/cm^3 iar accelerația gravitațională este de 1,62 m/sec^2. Pe suprafața Lunii temperatura medie din timpul zilei este de 107°C iar cea din timpul nopții este de -153°C. În zonele polare temperatura medie este cuprinsă între -30° și - 50°C (în lumină) în timp ce la întuneric media este de - 230°C [53].

Geneza Lunii este încă necunoscută existând o serie de ipoteze vehiculate în rândul oamenilor de știință. Având în vedere dimensiunile mari ale Lunii în raport cu Pământul există, și în present, o serie de discuții legate de posibilitatea formării concomitente a sistemului Pământ-Lună [36]. Această ipoteză este greu de acceptat datorită faptului că Luna nu are un nucleu asemănător cu cel al Pământului (constituit din fier) sau dacă are este foarte mic, iar concentrația de fier din rocile prelevate de pe Lună este mult mai mică decât cea de pe Pământ.

O altă ipoteză cu privire la geneza Lunii este legată de posibilitatea captării unui asteroid însă principala problemă este dată de măsurătorile efectuate asupra distanței dintre Pământ și Lună care demonstrează faptul că distanța dintre cele două corpuri crește cu o rată de 3,8 cm pe an [11].

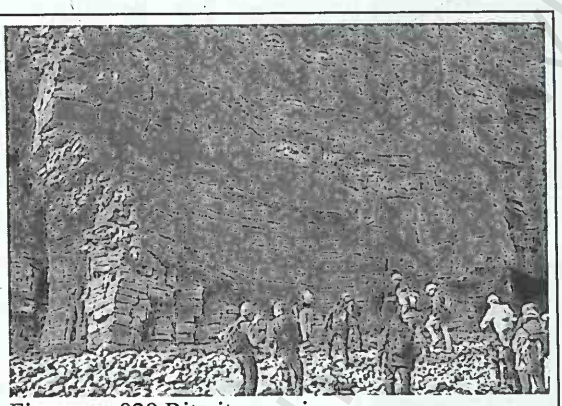

Figura nr. 929 Ritmite mareice.
Sursahttp://www.earthhistory.org.uk

Cele mai multe opinii argumentate științific se încadrează categoriei susținătorilor teoriei impactului care presupune că Luna s-a format ca urmare a unei coliziuni produse între un corp cosmic de mărimea unei planete și Pământ. În urma impactului o mare cantitate de material a fost expulzată sub forma unui nor gigantic de materie incandescentă prins de gravitația terestră [5]. Treptat întreaga cantitate de material a format Luna și o parte din stratul solid extern al Pământului. În cadrul acestei teorii, de o foarte mare importanță este momentul cinetic care a avut loc acum cca. 4,527 mld ani, adică la aproximativ 50 milioane de ani după formarea Sistemului Solar. Vechimea rocilor care compun scoarța Lunii a fost determinată pe baza analizelor făcute asupra eșantioanelor ce au totalizat aproximativ (380kg), prelevate de către cosmonauți în timpul misiunilor Apollo [36].

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

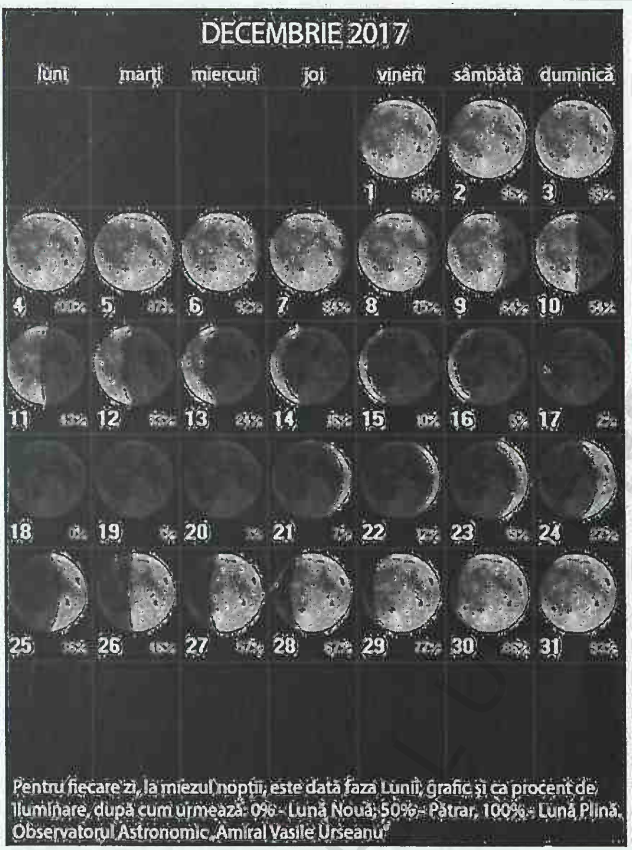

Figura nr. 930 Fazele lunii Decembrie 2017. Credit: Observatorul Astronomic "Amiral Vasile Urseanu"

Din momentul formării sistemului Pământ-Lună legea de conservare a momentului cinetic a funcționat aproape perfect până în prezent cu foarte mici modificări cauzate de producerea mareelor terestre. Luna acționează asupra suprefeței terestre cu o forță de atracție care produce o ridicare a nivelului oceanului planetar sub forma valului mareic. Forța de frecare exercitată de valul mareic are ca efect o reducere a vitezei de rotație a Pământului dar și o creștere a vitezei de deplasare a Lunii pe orbită. În aceste condiții, pentru conservarea momentului cinetic are loc o distanțare continuă a Lunii față de Pământ [5].

Pe suprafața Pământului au fost identificate o serie de asociații petrografice constituite din gresii și marne dispuse în straturi foarte subțiri. Fiecare strat subțire s-a format odată cu trecerea valului mareic pe deasupra bazinului de sedimentare. Aceste formațiuni sunt denumite ritmite mareice și au fost utilizate pentru determinarea vitezei de rotație a Pământului pe parcursul miliardelor de ani care au trecut (Fig.929). Utilizând această metodă s-a constatat că, în urmă cu 2,5 miliarde de ani, viteza de rotație a Terrei era mai mare astfel încât ziua avea doar 19 ore, ulterior, viteza de rotație a

continuat să scadă astfel încât acum 650 milioane de ani, ziua avea 21,9 ore [36], [65].

Deoarece Luna orbitează Pământul, suprafața iluminată a Lunii, vizibilă de pe Terra, își modifică dimensiunile în permanență (Fig.927). Această transformare continuă poartă denumirea de fazele Lunii (Fig.930, 931). Pentru a parcurge în totalitate orbita în jurul Pământului, Luna are nevoie de 27,32 zile (perioadă siderală), totuși, reînceperea unui nou ciclu lunar care înseamnă perioada înregistrată de la lună nouă la următoarea lună nouă este de 29,5 zile (709 ore), (perioadă sinodică) [36]. Diferența de 2,18 zile este dată de mișcarea

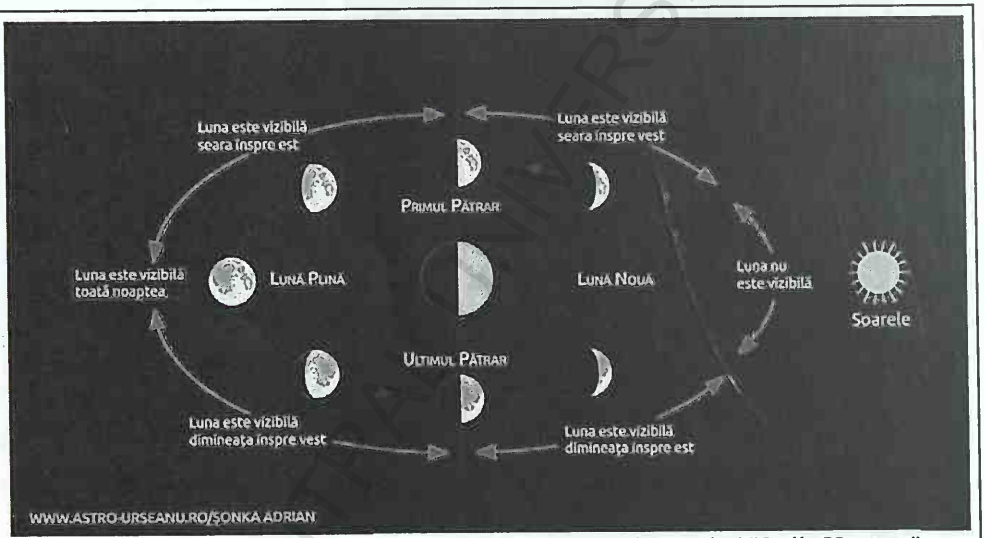

Figura nr. 931 Fazele lunii. Credit: Observatorul Astronomic "Amiral Vasile Urseanu"

de revoluție a Pământului care se mișcă în acest timp în jurul Soarelui pe o distanță de aproximativ 72 milioane km [33]. Pe parcursul celor 29,5 zile gradul de iluminare al Lunii, vizibil de pe Terra, se află în relație directă cu pozitia acesteia față de Pământ și planul format de Pământ și Soare. Luna nu se mișcă în același plan cu Pământul și Soarele ajungând însă, în anumite momente speciale, în același plan, prilej cu care se produc eclipsele de Lună sau de Soare. Dacă Luna s-ar afla în acelasi plan, am avea eclipsă de Soare de fiecare dată când Luna s-ar găsi între Pământ și Soare și eclipsă de Lună de fiecare dată când Pământul s-ar afla între Lună și Soare.

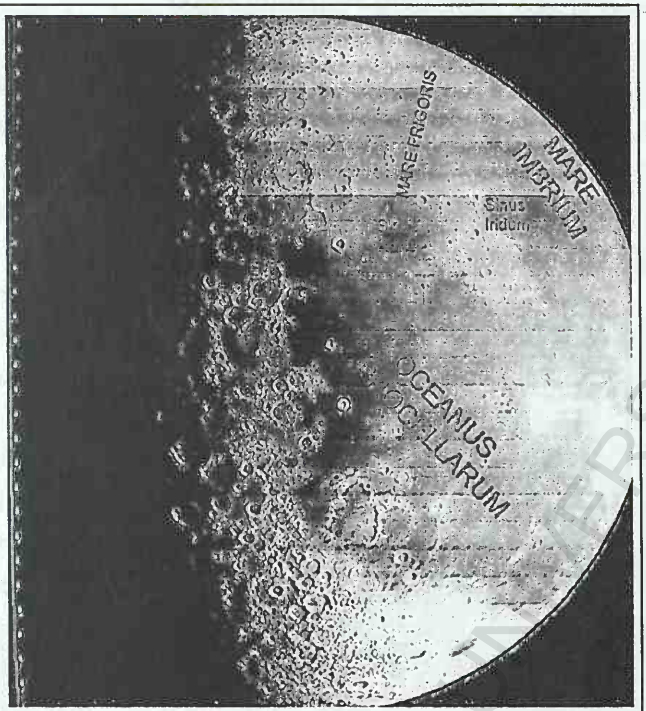

Figura nr. 932 Oceanus Procellarum.
http://www.lpi.usra.edu

Soarele luminează permanent jumătate din suprafețele Pământului și Lunii dar, în funcție de poziționarea Lunii față de Terra, suprafața luminată a satelitului nostru natural se vede mai mult sau mai puțin, chiar deloc atunci când este lună nouă. În timpul stadiului de Lună nouă, Luna nu obturează lumina Soarelui (situație în care s-ar produce eclipsă de Soare), doar că Luna, fiind în fața Pământului, ne arată doar partea sa întunecată. Pe parcursul deplasării Lunii pe orbita ei în jurul Pământului, un observator poziționat într-un punct fix de pe suprafața Terrei va vedea mai întâi o fâșie subțire din jumătatea luminată a Lunii, apoi pe măsură ce zilele și noptile se scurg, suprafața vizibilă a Lunii va crește până la stadiul numit primul pătrar când se vede jumătate din partea sa inundată de lumină. Luna continuă să se afle în creștere până la stadiul de lună plină, atunci când se vede întreaga suprafață luminată a Lunii. Ulterior, cu cât Luna își continuă drumul său în jurul Terrei, vedem din nou tot mai puțin din suprafața sa vizibilă, ajungând la stadiul numit ultimul pătrar când se vede din nou o jumătate din jumătatea luminată a Lunii, luând apoi, din nou, forma de semilună în descreștere până când își pierde cu totul din luminozitatea vizibilă de pe Pământ, revenind la stadiul de lună nouă [11], [36].

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

9.5.1.Factorii morfogenetici și specificul reliefului lunar

După formarea Lunii, acum cca. 4,2 miliarde ani, a început o perioadă în care au existat numeroase coliziuni cauzate de asteroizi. Această etapă a fost denumită perioada veche de bombardament intens care s-a finalizat acum cca. 3,8 miliarde ani. În această etapă majoritatea corpurilor cosmice care formau Sistemul Solar intern au fost afectate, urmele acestora rămânând sub formă de cratere de impact pe Mercur, Lună și Marte. Pe planeta Venus craterele de impact au fost acoperite de platouri de lavă rezultate în urma unei intense activități magmatice, în timp ce pe Pământ dinamica plăcilor tectonice a șters vechile cratere formate în acea perioadă [6], [36].

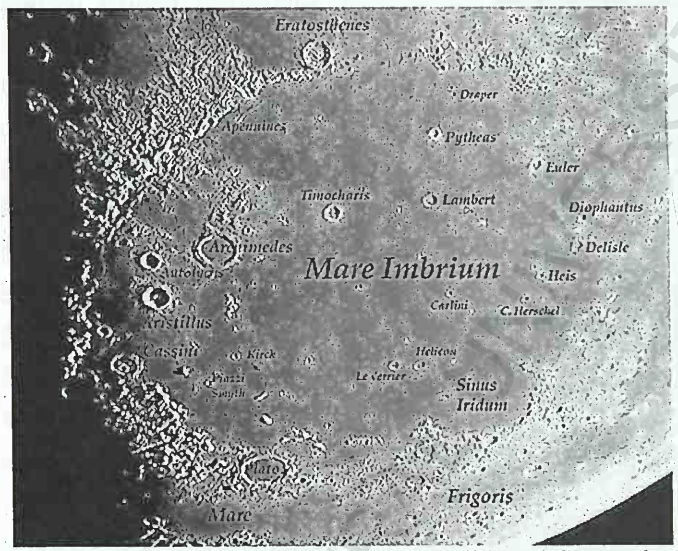

Figura nr. 933 Mare Imbrium. Sursa: http://www.lpi.usra.edu

Craterele de impact de pe suprafața Lunii, formate în această perioadă, pot fi observate cu ochiul liber apărând sub forma unor "pete" întunecate care ocupă suprafețe destul de mari, îndeosebi pe fața vizibilă (Figurile 6 și 7) [52], [53], [54]. Aceste formațiuni au fost denumite oceane sau mări spre ex. Oceanus Procellarum (3200km - diametru), Mare Imbrium (1123km – diametru), Mare Tranquillitatis (873km – diametru), Mare Serenitatis (707km – diametru), etc. (Fig.932, 933) Culoarea închisă aferentă acestor "mări" este datorată prezenței rocilor de tip bazaltic formate în timpul impactului asteroizilor cu suprafața Lunii [41]. Cel mai mare crater de impact cunoscut în Sistemul Solar este considerat a fi bazinul Aitken de pe Lună, care are 2500km în diametru [25], [26], [36]. Craterele de impact cu dimensiuni mai mici au fost denumite Palus

ceea ce înseamnă mlaștină (Palus Putredinis locul în apropierea căruia a aselenizat Misiunea Apollo 15, prima care a utilizat un rover pentru deplasare).

Figura nr. 934 Cratere de impact pe suprafața Lunii. Credit NASA

Cele mai extinse suprafețe constituite din bazalt se regăsesc în sectorul lunar orientat spre Terra, vârsta acestora fiind aproximată de cei mai multi specialiști ca fiind mai mare de 3 miliarde de ani [26]. Toate aceste suprafețe sunt afectate de numeroase cratere de impact de dimensiuni mai reduse (Fig.934) existând însă și zone în care densitatea craterelor este mai mică fapt datorat probabil unei vârste mai recente a suprafețelor bazaltice (cca 2 miliarde ani) [41]. Eșantioanele de bazalt aduse de către misiunile Apollo au fost analizate și comparate cu cele de pe Pământ, observându-se în cadrul unora o concentratie mai mare de titan. Explicația ecestei concentrații ridicate de titan suscită numeroase discuții, existând ipoteze care consideră că este vorba de o relație strictă cu modul de formare a suprafeței lunare prin răcirea treptată a unui "ocean de magmă" [11], [36], [52], [53], [54].

Figura nr. 935 Craterul Albategnius. Credit NASA

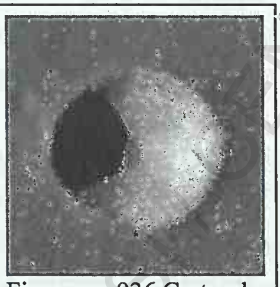

Figura nr. 936 Craterul Biot. Credit NASA

Un seismograf instalat pe Lună în cadrul uneia dintre misiunile Apollo a înregistrat un număr mediu de 3000 cutremure pe an. Această stare de fapt a suscitat un interes deosebit din partea astrofizicienilor, cunoscând faptul că pe Pământ cele mai multe astfel de seisme sunt produse de coliziunile dintre plăcile tectonice. Dar pe Lună este știut faptul că nu există plăci tectonice iar

adâncimile la care se produc seismele sunt cuprinse între 600 și 800 km. Majoritatea seismelor lunare se produc în anumite perioade constituind o ciclicitate care se află în relație directă cu perioadele de formare a mareelor lunare. Sub efectul Pământului și al Soarelui, Luna se dilată și se contractă cu o amplitudine de cca 11cm la fiecare 27 de zile. Având în vedere aceste aspecte dar și constatarea că odată cu propagarea undelor seismice în adâncime acestea sunt distorsionate, s-a avansat ipoteza conform căreia interiorul Lunii este încă sub formă de topitură [36], [58].

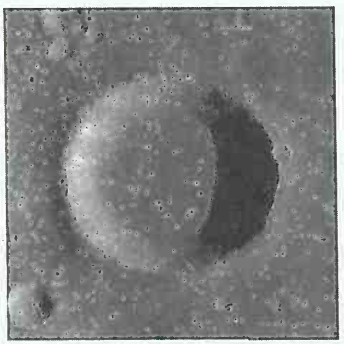

Figura nr. 937 Craterul Sosigenes. Credit NASA

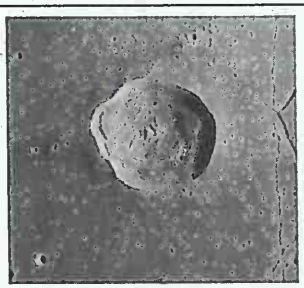

Figura nr. 938 Craterul Triesnecker. Credit NASA

Scoarța lunară se estimează a avea grosimi cuprinse între 20 și 120 km, cu diferențieri accentuate între emisfera orientată spre Terra, unde scoarța este mai subțire și din această cauză s-au format mai ușor craterele și mările acoperite de bazalt și emisfera aflată în umbră, unde scoarța este mai groasă și bazinele cu bazalt sunt mai rare (Fig.927, 929). Crusta lunară are în compoziția sa anortozit, roci mafice și alcaline cărora li se adaugă bazaltul iar mantaua aflată sub crustă este compusă din minerale silicatice, olivină și piroxeni [6], [11], [58].

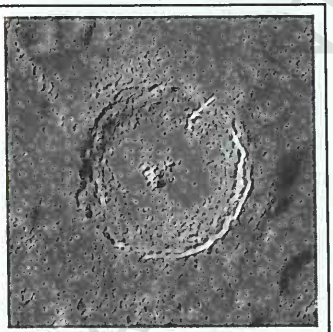

Figura nr. 939 Craterul Tycho. Credit NASA

Suprafața Lunii este neuniformă, relativ denivelată, considerată a fi întunecată deoarece albedoul este de 0,07, ceea ce înseamnă că aproximativ 93% din lumina solară care ajunge pe suprafața Lunii este absorbită [44], [58]. Partea superioară a scoarței lunare este constituită din regolit, material format din blocuri de diferite dimensiuni care formează un strat gros de 2 – 10 km deasupra căruia există un

strat de 2 - 10 m grosime unde regolitul este mai fin, conținând mult praf și sticlă vulcanică. Regolitul lunar s-a format în urma intensului bombardament (coliziunilor repetate cu asteroizi) care a avut loc imediat după formarea Lunii. Din punct de vedere petrografic suprafața Lunii este constituită exclusiv din roci magmatice nefiind descoperite roci metamorfice (nu există mișcări tectonice) sau sedimentare (lipsa apei și a aerului) [36], [52], [53], [54].

Cele mai frecvente forme de relief de pe Lună sunt craterele care pot fi de diferite dimensiuni și care în pofida vechimii lor, care depășește frecvent 100 milioane de ani, s-au păstrat foarte bine datorită lipsei agentilor de modelare externi (apă, aer, gheață) [58]. Pot fi observate cratere de impact simple, cu o morfologie asemănătoare unui castron, formate în urma coliziunii cu asteroizi cu diametre mai mici de câțiva kilometri dar mai mari de câțiva zeci de metri (condiție necesară pentru formare de cratere) dar și cratere complexe care sunt cratere mari cu buza înălțată, cu terase interioare, pereți abrupți, fundul plat și frecvent un vârf central [67].

C. Wood și L. Andersson (1978) au clasificat craterele lunare în cinci mari categorii:

ALC - crater mic în formă de cupă, fără podea centrală, cu un diametru mai mic de 10 km (Fig.935);

BIO – crater asemănător cu tipul ALC dar cu podea mică și plată având diametru de până la 15 km (Fig.936);

SOS – crater cu podea largă și plată care nu prezintă un vârf central. Pereții interiori nu sunt terasați iar diametrul este cuprins între 15-25 km (Fig.937);

TRI – crater complex cu diametrul de 15-50 km, cu pereții interiori terasați, podeaua denivelată și un vârf central ușor schițat (Fig.938);

TYC – crater complex cu diametrul mai mare de 50 km, cu pereții interiori terasați, podea relativ plată și un vârf central bine conturat (Fig.939);

Craterele cu diametre mai mari de câteva sute de kilometrii nu mai prezintă vârf central și sunt clasificate ca bazine [36], [67].

În categoria proceselor morfologice specifice craterelor de impact sunt menționate alunecările de teren și ravenele ambele nefiind în relație cu apa, ca

BCU ASE CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

în cazul proceselor terestre, ci în relație cu specificul granulometric al depozitelor de tip regolit [44].

9.5.2.Cercetarea directă a suprafeței Lunii

Tabel nr. 902 Misiunile cu echipaj uman care au aselenizat

Denumirea dată misiunii NASA	Data aselenizării	Locul aselenizării	Membrii echipajului	Numărul activităților extravehiculare	Durata totală a activităților extravehiculare
Apollo 11	20 iulie 1969	Sea of Tranquility	Neil Armstrong, Edwin "Buzz" Aldrin	1	2 ore și 31 minute
Apollo 12	19 noiembrie 1969	Ocean of Storms	Charles "Pete" Conrad, Alan Bean	2	7 ore și 45 minute
Apollo 14	5 februarie 1971	Fra Mauro	Alan B. Shepard, Edgar Mitchell	2	9 ore și 21 minute
Apollo 15	30 iulie 1971	Hadley Rille	David Scott, James Irwin	3	18 ore și 33 minute
Apollo 16	21 aprilie 1972	Descartes Highlands	John Young, Charles Duke	3	20 ore și 14 minute
Apollo 17	11 decembrie 1972	Taurus-Littrow	Eugene Cernan, Harrison H. "Jack" Schmitt	3	22 ore și 4 minute

În perioada 1958 – 1990 la nivelul misiunilor spațiale care au vizat Luna a existat o competiție între Statele Unite ale Americii și Uniunea Sovietică fiind singurele țări care au efectuat astfel de investiții.

BCU INSTI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Din totalul celor cca. 120 de misiuni spațiale care au avut ca obiectiv obținerea de informații despre satelitul Pământului, 50 de misiuni au fost

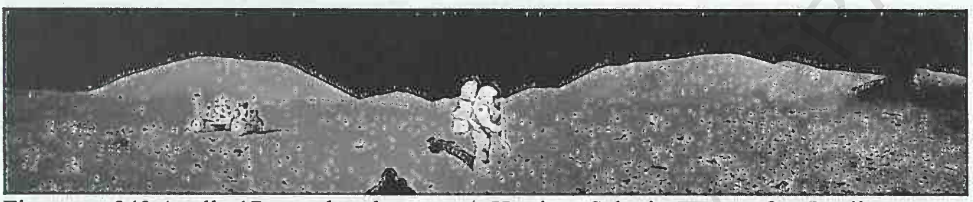

Figura nr. 940 Apollo 17 – geologul-astronaut Harrison Schmitt pe suprafața Lunii – pentru prima dată a fost utilizat un vehicul lunar pentru deplasare. Credit NASA

efectuate de NASA dintre care 6 misiuni au reusit sa aselenizeze facând astfel posibilă coborârea pe suprafața Lunii a 12 cosmonauți (Tab.902). Demn de remarcat este faptul că deși la fiecare dintre cele șase misiuni astronauții au instalat pe suprafața Lunii steaguri ale SUA această țară nu emite pretenții asupra teritoriului respectiv considerând că trebuie să rămână un teritoriu international la care "să aibă acces orice pământean" (Figura nr.17) [36].

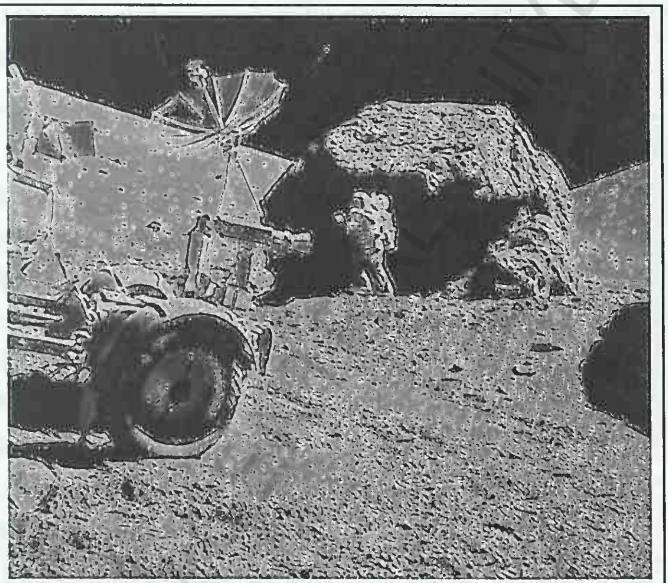

Figura nr. 941 Apollo 17 – geologul Harrison Schmitt pe suprafața Lunii. Credit NASA

În perioada 1958 – 1976 fosta Uniune Sovietică a lansat cca. 54 de misiuni spațiale care au vizat Luna însă nu a reușit sa aselenizeze cu un echipaj uman.

Începând cu anul 1990, în categoria țărilor care au lansat misiuni spațiale spre Lună, a intrat și Japonia care, până în present, a efectuat șapte misiuni, urmată de Uniunea Europeană în 2003 cu o singură misiune, China din anul 2007, cu cinci misiuni până în prezent și India din anul 2008 cu două misiuni până în prezent. Chiar

dacă a crescut numărul țărilor care au efectuat misiuni spațiale spre Lună, ultimii oameni care au călcat pe suprafața acesteia au rămas Eugene Cernan și Harrison H. "Jack" Schmitt astronauții echipajului Apollo 17 care a aselenizat în anul 1972 (Fig.940, 941). Între cei 12 cosmonauți care s-au deplasat pe suprafața Lunii s-a aflat un singur om de știință (Harrison Hagan "Jack" Schmitt) geolog care a avut ca scop recoltarea de probe de praf lunar (regolit) și eșantioane de rocă ce au fost aduse pe Pământ [36].

Figura nr. 942 Locurile aselenizărilor facute pe parcursul celor 6 misiuni Apollo. Credit NASA

Cele șase misiuni Apollo care au aselenizat au adus pe Pământ un număr de 2415 eșantioane cu o greutate totală de 380 kilograme (Fig.942). Acestora li se adaugă 326 grame de material adus de cele trei sonde spatiale Sovietice (fără echipaj uman) care au aselenizat. În cadrul misiunilor Apollo, pentru prelevarea eșantioanelor, s-a folosit metoda fotografierii lor in situ urmată de utilizarea diferitelor instrumente între care cele mai utile au fost ciocanele și lopețile. Toate eșantioanele au fost introduse în pungi de probe și așezate în containere speciale pentru a fi protejate de o eventuală contaminare la întoarcerea pe Terra (Fig.943, 944).

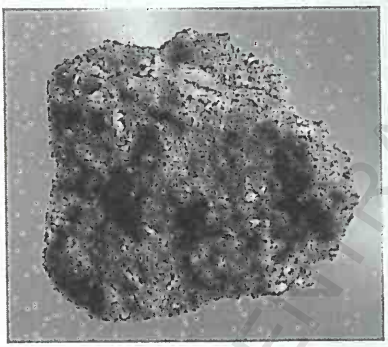

Figura nr. 943 Eșantion de rocă prelevat de pe Lună (Apollo 17). Credit NASA

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

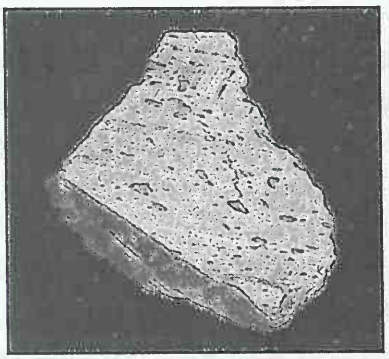

Figura nr. 944 Eşantion de rocă prelevat de pe Lună (Apollo 17). Credit NASA

Analiza chimică a acestora a evidenţiat faptul că rocile care compun scoarţa lunară au în compoziţie o cantitate mare de minerale de anortit (feldspat plagioclaz, bogat în calciu, de culoare alb-roşiatică, cenuşiu, cu luciu sticlos. Pe Pământ este întâlnit în geode, în unele bombe vulcanice şi în rocile magmatice ultrabazice. Se utilizează ca fondant la fabricarea porţelanului şi faianţei). La rândul lor bazaltele, care ocupă bazinele denumite Mări, au o concentraţie mare de fier şi titan (sub forma mineralului de ilmenit) [36].

9.5.3.A doua Lună a Pământului ??

În anul 1983, Giovanni de Sanctis şi Richard M. West de la Observatorul European din Chile au descoperit un asteroid care se afla în mişcare în apropierea Terrei. Ulterior, în anul 1986, observaţii asupra acestui asteroid au fost făcute şi de Duncan Waldron de la un Observator Astronomic din Australia. Abia în anul 1997 Paul Wiegert şi Kimmo Innanen de la Universitatea din Toronto şi Seppo Mikkola de la Universitatea Turku din Finlanda au stabilit traiectoria respectivului asteroid care se mişcă în jurul Soarelui pe o orbită apropiată de cea a Pământului (mişcare co-orbitală) [63].

Asteroidul a fost denumit Cruithne sau "3753 Cruithne" după numele dat unui popor legendar care a locuit în Irlanda. Are un diametru aproximat la 5km şi pe parcursul traiectoriei sale de pe orbita din jurul Soarelui se apropie de Terra la o distanţă minimă de cca. 12 000 000 km. Cruithne a fost considerat, în mod greşit, a doua "Lună" a Pământului deoarece în traiectoria sa în jurul Soarelui (parcurge întreaga orbită în aproximativ 1 an) pe o orbită instabilă, reuşeşte să înconjoare Terra în aproximativ 770 ani [63]. Mişcarea descrisă în jurul Pământului nu este sub formă de elipsă ci sub formă de potcoavă. Următoarea mare apropiere a asteroidului Cruithne de Pământ se va realiza în

anul 2292, când distanța dintre cele două corpuri cosmice va fi de aproximativ 12,5 milioane km [36], [63].

Cercetările de natură geografică efectuate asupra Lunii au o mare importanță pentru cunoașterea evoluției paleogeografice a Pământului. Sistemul Pământ-Lună are o vechime de cca. 4,5 mld ani fiind foarte apropiată de vârsta Sistemului Solar. Realația dintre cele două corpuri cosmice (Pământ și Lună) este una de interdependență, astfel încât se poate considera că acțiunea factorilor externi de orice natură a avut un efect simultan (dinamica manifestărilor solare, bombardamente de asteroizi etc). Terra este o planetă cu un geosistem extrem de dinamic (la scara timpului geologic) care induce profunde schimbări la nivelul geosferelor făcând aproape imposibilă păstrarea unor caracteristici cu vechime mai mare de câteva sute de milioane de ani (dinamica plăcilor tectonice favorizează împrospătarea continuă a scoarței oceanice). Spre deosebire de Pământ suprafața topografică a Lunii a reusit să păstreze forme de relief a căror geneză a avut loc în urmă cu cca. 2-3 miliarde de ani (cratere de impact). Analiza acestora poate să contribuie la înțelegerea rolului pe care l-au avut asteroizii în transformarea continuă a geosistemului cu posibilitatea formulării unor predicții în legatură cu viitorul Terrei [36]

Cercetarea corpurilor cosmice din Sistemul Solar facilitează perceperea interrelațiilor existente între acestea și planeta noastră. Dezvoltarea tehnologiei spațiale oferă oportunitatea studierii Pământului ca parte componentă a sistemului numit Univers.

Bibliografie:

1.Atreya, S. K., Pollack, J.B., Matthews, M. S., eds. (1998) *Origin and Evolution of Planetary and Satellite Atmospheres,* University of Arizona Press.

2.Beatty, J. K., O'Leary, B., Chaikin, A., eds. (1990) *The New Solar System.* Sky Publishing Corporation, Cambridge University Press, New York.

3.Binzel, R. P., Gehrels, T., Matthews, M. S. eds. (1989) *Asteroids II*, University of Arizona Press, Tucson.

4.Camenzind, M. (2007) *Compact Objects in Astrophysics: White Dwarfs, Neutron Stars and Black Holes*, Springer.

5.Canup, R. M., Righter, K. (2000) *Origin of the Earth and Moon*, Arizona University Press, Tucson.

BCU MST CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

6.Canup, R. M. (2004) *Dynamics of lunar formation*, Annu. Rev. Astron. Astrophys. 42.
7.Christopherson, R. W. (2005) *Geosystems. An introduction to physical geography*, 5th, Animation Edition., Pearson Prentice Hall.
8.Craghan, M. (2003) *Physical Geography: A Self-Teaching Guide*, John Wiley & Sons.
9.Eldredge, N. (2002) *Life on Earth. An Encyclopedia of Biodiversity, Ecology, and Evolution, ABC-CLIO, Inc.*
10.Elkins-Tanton, L. T. (2006) *Asteroids, meteorites and comets*, Chelsea House Publishers.
11.Elkins-Tanton, L. T. (2006) *The Earth and the Moon*, Chelsea House Publishers.
12.Elkins-Tanton, L. T. (2006) *Jupiter and Saturn*, Chelsea House Publishers.
13.Elkins-Tanton, L. T. (2006) *Mars,* Chelsea House Publishers.
14.Elkins-Tanton, L. T. (2006) *The Sun, Mercury, and Venus*, Chelsea House Publishers.
15.Elkins-Tanton, L. T. (2006) Uranus, Neptune, Pluto, and the Outer Solar System, Chelsea House Publishers.
16.Emerson, D. (1996) *Interpreting Astronomical Spectra*, Wiley.
17.Encrenaz, T., Bibring, J.P., Blanc, M. (2004) *The Solar System*, 3rd ed., Springer.
18.Gabler, R. E., Petersen, J.F., Trapasso, L.M., Sack, D. (2009) *Physical Geography*, 9th Edition, Brooks/Cole.
19.Gehrels, T. ed. (1994) *Hazards Due to Comets and Asteroids*, The University of Arizona Press.
20.Gomez, B., Jones, III J.P. (2010) *Research methods in geography*, Wiley-Blackwell.
21.Greenberg, R. Brahic, A, Matthews, M.S. (1984) *Planetary rings*, University of Arizona Press.
22.Gregersen, E. ed. (2010) *The inner solar system: the Sun, Mercury, Venus, Earth, and Mars,* Britannica Educational Publishing.
23.Gregersen, E. ed. (2010) *Outer solar system: Jupiter, Saturn, Uranus, Neptune, and the dwarf planets,* Britannica Educational Publishing.
24.Gupta, A. ed. (2005) The Physical Geography of Southeast Asia, Oxford University Press.
25.Hagerty, J. J., Lawrence, D. J., Hawke, B. R. (2011) *Thorium Abundances of Basalt Ponds in South-Pole Aitken Basin: Insights into the Composition and Evolution of the Far Side Lunar Mantle* – 42nd LPSC Conference.

BCU WSI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

26.Hartmann, W. K., Kuiper, G. (1962) *Concentric structures surrounding lunar basins*, University of Arizona, Lunar and Planetary Laboratory Communications, v. 1, no. 12.
27.Harwit, M. (2006) *Astrophysical Concepts*, 4th ed., Springer.
28.Holden, J. (2011) *Physical geography: the basics*, Routledge.
29.Holliday, K. (1998) *Introductory Astronomy*, Wiley.
30.Huddart, D., Stott, T. (2010) *Earth Environments. Past, Present and Future*, Wiley-Blackwell.
31.Iancu, O. G. (2001) *Iron meteorites in Romanian mineralogical collections*, An. Şt. Univ. "Al. I. Cuza" Iaşi, XLVII: 19-25.
32.Iancu, O. G. (2002) *Petrological considerations concerning the Kakowa meteorite*, An. Şt. Univ. "Al. I. Cuza" Iaşi, XLVIII: 53-60.
33.Ielenicz, M. (2001) *Geografie generală. Geografie fizică*, Edit. Fundației România de Mâine, București, 2001.
34.Karttunen, H., Kröger, P., Oja, H., Poutanen, M., Donner, K. J., eds. (2007) *Fundamental Astronomy*, 5th Edition, Springer.
35.Lane, K. Maria D. (2011) *Geographies of Mars: seeing and knowing the red planet*, The University of Chicago Press.
36.Lesenciuc, C. D. (2015) *Caracteristici "geografice" ale Lunii,* Revista Terra ANUL XLVI (LXVI), nr.1-2/2015.
37.McEwen, A.S., Lunine, J.I., Carr, M. H. (1989) *Dynamic geophysics of Io*. In *Time-Variable Phenomenon in the Jovian System,* pp. 11-46, NASA Special Publication.
38.McFadden, L. A., Weissman, P. R., Johnson, T. V. (2007) *Encyclopedia of the Solar System*, Elsevier.
39.Matteucci, F., Giovannelli, F. (2000) *The Evolution of The Milky Way.* Springer-Science+Business Media, B.V.
40.Morrison, D., ed. (1982) *Satellites of Jupiter.* University of Arizona Press, Tucson.
41.Nakamura, R., Yamamoto, S., Matsunaga, T., Ishihara, Y., Morota, T., Hiroi, T., Takeda, H., Ogawa,Y., Yokota, Y., Hirata, N., Ohtake , M., Saikiet, K., (2012) *Compositional evidence for an impact origin of the Moon's Procellarum basin,* Nature Geoscience, Vol 5, No 10.
42.O'Brien, L. (2005) *Introducing quantitative geography: measurement, methods, and generalised linear models*, Taylor & Francis e-Library.
43. Petrescu, I. (2002) *Catastrofe geologice*, Editura Dacia.
44.Phillips, T. (2014) *Bright Explosion on the Moon*, Nasa Science News.
45.Rothery, D. (1992) *Satellites of the Outer Planets.* Clarendon Press, Oxford.
46.Salaris, M., Cassisi, S. (2005) *Evolution of Stars and Stellar Populations*, Wiley.

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

47.Schmadel, L. D. (2003) *Dictionary of Minor Planet Names*, 5th ed., Springer.
48.Shu, F. H. (1982) *The Physical Universe: An Introduction to Astronomy,* University Science Books.
49.Sicardy, B. et. all. (2011) *Size, density, albedo and atmosphere limit of dwarf planet Eris from a stellar occultation.* European Planetary Science Congress Abstracts 6.
50.Sparke, L.S., Gallagher, J.S. III., (2000) *Galaxies in the Universe*, Cambridge Univ. Press.
51.Spencer, J., Schneider N. (1996) *Io on the eve of the Galileo mission.* Annual Reviews of Earth and Planetary Science, 24, 125.
52.Spudis, P. D., Gillis, J. J., Reisse, R. A., (1994) *Ancient Multiring Basins on the Moon Revealed by Clementine Laser Altimetry*, Science, 266(5192):1848-51.
53.Spudis, P. D., (1996) *The once and future Moon*, Smithsonian Institution.
54.Spudis, P. D., Bussey, B., Plescia, J., Josset, J. L., Beauvivre, S. (2008) *Geology of Shackleton Crater and the south pole of the Moon.* Geophysical Research Letters 35, L14201.
55.Stern, S. A. (2003) *The evolution of comets in the Oort cloud and Kuiper belt, Nature* 424.
56.Strahler, A., Merali, Z. (2008) *Visualizing Physical Geography*, Wiley.
57.Strahler, A. (2011) *Introducing Physical Geography*, John Wiley & Sons.
58.Stuart-Alexander, D. E., Howard, K. A., (1970) *Lunar maria and circular basins-a review*. Icarus, v. 12, no. 3.
59.Taylor, S. R. (2001) *Solar System Evolution: A New Perspective*, 2nd Ed. Cambridge University Press.
60.Tielens, A. G. G. M. (2005) *The Physics and Chemistry of the Interstellar Medium*, Cambridge University Press.
61.Unsold, A., Beschek B., (2002) *The New Cosmos*, 5th ed., Springer.
62.Warner, B. (1995) *Cataclysmic Variable Stars,* Cambridge University Press.
63.Wiegert, P., Innanen, K., Mikkola, S., (1997) *An asteroidal companion to the Earth*, Nature, vol.387.
64.Wilkening, L. L. ed. (1982) *Comets*, University of Arizona Press, Tucson.
65.Williams, G. E. (1989) *Tidal rhythmites: geochronometers for the ancient Earth-Moon system*, EPISODES,Vol.12, no.3.
66.Wilson, P. R. (1994) *Solar and Stellar Activity Cycles*, Cambridge University. Press.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

67.Wood, C. A., Anderson L. (1978) *New morphometric data for fresh lunar craters,* Proceedings of the 9th Lunar and Planetary Science Conference, Houston, Texas, March 13–17.

68.Woolfson, M. M. (2000) *The Origin and Evolution of the Solar System*. The Graduate Series in Astronomy, Institute of Physics Publishing.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Bun de tipar: 2017. Apărut: 2017

Editura Tehnopress, str. Pinului nr. 1A, 700109 Iași
Tel./fax: 0232 260092
email: tehnopress@yahoo.com
www.tehnopress.ro

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

ISBN 978-606-687-306-2

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY